This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

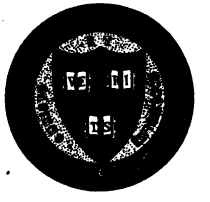
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

41

Harvard Medical School



Bowditch Library

The Gift of

Prof. Henry P. Bowditch

Untersuchungen

zur

NATURLEHRE DES MENSCHEN

UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

von

Jac. Moleschott.

Dritter Band.

FRANKFURT a. M.
VERLAG VON MEIDINGER SOHN & COMP.
1857.

HARVARD UNIVERSITY
SCHOOL OF HYGIENE AND PUBLIC HEALTH
LIBRARY
41

Druck von Aug. Osterrieth
in Frankfurt a. M.

Inhalt des dritten Bandes.

Seite

I. Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen bei der Verblutung, sowie der Fallsucht überhaupt. Von Prof. Adolf Kussmaul und Adolf Tenner in Heidelberg . . 1

II. Untersuchungen über thierische Elektricität. Von Emil du Bois-Reymond. Dritte Abhandlung 125

III. Untersuchungen über das Cylinderepithelium der Darmzotten und seine Beziehung zur Fettresorption. Angestellt im physiologischen Institute der Wiener Universität. Von J. Brettauer und S. Steinach. (Mit 1 Tafel.) 173

IV. Ueber die relative Stärke der directen und indirecten Muskelreizung. Von J. Rosenthal, stud. med. in Berlin. (Mit 1 Tafel.) . . . 185

V. Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin. Fünfte Abtheilung 195

VI. Zwei neue Lupenträger. Von Hermann Meyer 230

VII. Warum legt eine Bienenkönigin ein unbefruchtetes Ei in die Drohnenzelle? Warum ein befruchtetes in die Arbeiterzelle und primäre Weiselwiege (Schwarmweiselwiege)? Bedarf es hierzu Seitens der Königin einer besonderen Intelligenz, eines besonderen Wissens oder Instinktes? Eine physiologisch-zoologische Controverse von Medicinalrath Dr. Küchenmeister 233

VIII. Zur Naturgeschichte der Hornissen. Von Medic. Dr. Küchenmeister 268

IX. Versuche über den Stillstand des Zwerchfells durch Reizung des Nervus vagus in Contraction und in Erschlaffung. Von H. Aubert und A. v. Tschischwitz in Breslau 272

X. Versuche über Endosmose. Erste Abhandlung. Von Prof. A. Fick, Prosector in Zürich. (Mit 2 Tafeln.) 294

XI. Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfaser. Angestellt im physiologischen Institute der Wiener Universität. Von Alex. Rollett. (Mit 1 Tafel.) 345

Aufforderung 371

Inhalt.

		Seite
I.	Einleitung	3
II.	Die Unterbrechung der Zufuhr von rothem Blut zum Kopfe des Kaninchens bedingt fallsuchtartige Anfälle, wie die Verblutung	10
III.	Bemerkungen über das Verfahren, die grossen Schlagadern des Halses beim Kaninchen aufzusuchen und zu verschliessen	14
IV.	Beschreibung der krampfhaften Anfälle beim Kaninchen nach Verschliessung der grossen Schlagadern des Halses und Nachweis ihrer Uebereinstimmung mit den Anfällen in der Fallsucht	15
V.	Von den Zufällen, unter welchen der Tod nach Unterbindung der grossen Schlagadern des Halses beim Kaninchen eintritt und den Erscheinungen, die bei Wiederherstellung des Kreislaufs erfolgen	19
VI.	Die rasche Unterbrechung der Blutströmung zum Kopfe ruft bei verschiedenen Warmblütern und beim Menschen fallsuchtartige Zufälle hervor	26
VII.	Die Unterbrechung des Blutstroms in den grossen Schlagadern des Halses bedingt arterielle Anämie des Gehirns, diese die Zuckungen	44
VIII.	Von den Ergebnissen der Leichenöffnung nach Verblutung und Unterbindung der grossen Schlagadern des Halses	51
IX.	Die Quelle der fallsuchtartigen Zuckungen bei der Verblutung ist nicht im Rückenmarke zu suchen	59
X.	Von dem Verfahren zur Bestimmung des Gehirnbezirks, von dem die allgemeinen Zuckungen bei der Verblutung ausgehen	67
XI.	Von der Bedeutung der einzelnen Gehirntheile für das Zustandekommen der allgemeinen Zuckungen bei der Entziehung des rothen Blutes	77
XII.	Ueber die Nervenheerde, auf welche die Erscheinungen der fallsüchtigen Anfälle zurückzuführen sind	90
XIII.	Ueber die Veränderungen der Gehirnsubstanz, welche die nächste Ursache der fallsüchtigen Anfälle und Zustände darstellen	105
XIV.	Von den Nervenheerden, welche als Ausgangspunkte für die Veränderungen des Gehirns, die zu fallsüchtigen Anfällen führen, dienen	115
XV.	Uebersicht der Wege, auf denen in Folge plötzlich aufgehobener Ernährung des Gehirns fallsüchtige Anfälle zu Stande kommen können	116
XVI.	Schluss	117
	Nachtrag	122

Untersuchungen

über

Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen bei der Verblutung

sowie der

Fallsucht überhaupt.

Von

Prof. Adolf Kussmaul und Adolf Tenner,

in Heidelberg.

„Avouons franchement que les travaux de l'anatomie pathologique n'ont jusqu'ici répandu aucune lumière sur le siège immédiat de l'épilepsie. Cependant il ne faut pas se décourager; la nature ne sera pas toujours rebelle aux efforts de ses investigateurs."

Esquirol.

Ein Theil der Ergebnisse dieser Untersuchungen wurde im Winter 1856/57 der naturhistorisch-medicinischen Gesellschaft zu Heidelberg vorgetragen.

I.

Einleitung.

Rasche und hinreichend grosse Blutverluste veranlassen bei dem Menschen und, wie es scheint, bei allen warmblütigen Thieren, allgemeine Zuckungen. Auch die Laien mussten bei Thieren, die durch Anstechen der Halsgefässe oder des Herzens geschlachtet wurden, diese Erfahrung seit alten Zeiten machen. Jedermann weiss es von Hühnern, Schweinen, Schaafen, und Kohl*) erzählt es vom Wallfisch.

---

*) J. G. Kohl, die Menschen und Inseln der Herzogthümer Schleswig und Holstein. S. 126 u. 127.

„Der Zweck des Harpunirens geht nur darauf hin, die Schaluppe der Art mit dem Wallfisch zu verbinden, dass man ihn nicht wieder verliere und dass er genöthigt sei, seine Verfolger auf allen seinen Wegen mit sich zu schleppen. Zu gleicher Zeit wünscht man ihn natürlich bei dieser Anstrengung zu ermüden und ihn auch möglichst viel Blut verlieren zu lassen, um ihm endlich die Todesstiche bequemer beibringen zu können. Diese werden bekanntlich nicht aus Harpunen, sondern mit grossen langen Lanzen gegeben. Am besten, sagten mir die Leute, stäche man ihn hinter die Flossen, wo eine sehr verwundbare und aderreiche Stelle sei und wo auch nur wenig Speck sitze, so dass man die Adern leichter durchschneiden könne. Sein letztes Verzucken sei indessen in der Regel sehr stürmisch heftige Krämpfe durchschauerten den ganzen Riesenkörper, sein Schwanz, krümme sich und schlage rechts und links auf dem Meere umher, hohe Wellenberge und heftige Wirbel erregend. Zuweilen bäume sich sein Schwanz senkrecht empor, auch springe wohl der ganze ungeheure Fisch noch krampfhaft aus dem

Schon Hippokrates*) lehrte, dass Zuckungen ebensowohl aus Blutfülle, als aus Blutmangel entspringen können. Kellie**) stellte Versuche mit Schaafen und Hunden, Piorry***) mit Hunden an, und beide sahen nach reichlicher Blutentleerung sehr häufig Zuckungen eintreten. Wir beobachteten ausnahmslos heftige und allgemeine Zuckungen bei der Verblutung zahlreicher Hunde, Katzen und Kaninchen †) Dass beim Menschen grosse Blutverluste häufig zu Krämpfen Veranlassung geben, dass der Tod durch rasche Verblutung oft genug unter solchen erfolge, findet sich in den meisten bessern Handbüchern der Pathologie und gerichtlichen Medizin angegeben ††).

Die Englischen Aerzte haben den Krämpfen nach Blutverlusten unstreitig die meiste Aufmerksamkeit gewidmet. Der furchtbare Vampirismus, der auf den Brittischen Eilanden herrscht, mochte zur Beobachtung solcher gefährlichen Zufälle mehr Gelegenheit bieten, als anderwärts geboten wird. Meint doch Wardrop, dass bei Entzündungen der erste Aderlass nicht selten 30—50 Unzen stark sein „müsse“ und zuweilen 100—200 Unzen Blutes entzogen werden „müssten“. Und Marshall Hall, aus dessen Werk über Blutent-

---

Wasser auf. Aus seinem Nasen- und Luftloche schleudere er Massen von Wasser, Blut und stinkender Luft hervor, die das Meer weit und breit roth färben, bis endlich das Thier bewegungs- und leidenslos auf dem Meere ruhig einher schwimme.“

*) Aphorism. Sect. VI. 48. *σπασμοὶ γίνονται ἢ ὑπὸ πληρώσιος ἢ κενώσιος. οὕτω δὲ καὶ λύγμος.*

**) Marshall Hall, über Blutentziehung, deutsch von Bressler, S. 10.

***) Arch. géner. de médec. 1826. Janv.

†) Frösche, denen wir das Herz ausschnitten, starben, nachdem sie noch stundenlang geathmet und in der ersten Zeit von freien Stücken viele und lebhafte Sprünge gemacht hatten, allmälig schwächer werdend, ohne dass wir Zuckungen hätten wahrnehmen können.

††) Geht die Verblutung langsam vor sich, werden die Kräfte allmälig aufgezehrt, so scheint der Tod nur unter Ohnmacht, Schläfrigkeit, Delirium und s. g. Gefässaufregung ohne Zuckungen einzutreten. Vgl. die Versuche von M. Hall (a. a. O.) an Hunden und die von demselben zahlreich mitgetheilten klinischen Beobachtungen.

ziehungen diese Angabe entnommen ist, erzählt selbst mehrere Fälle aus eigener und fremder Praxis, wo in kurzer Zeit 100—120 Unzen Blutes entzogen wurden. So ist es kein Wunder, dass wir von England her die ersten Aufschlüsse über das Hydrencephaloid aus Erschöpfung und genauere Mittheilungen über die Krämpfe nach grossen Blutverlusten erhielten; und wie sich Marsh. Hall, dieser unermüdliche Forscher im Gebiete der Physiologie und Pathologie des Nervensystems, die grössten Verdienste um die Lehre von den Blutentziehungen überhaupt erwarb, so hat er auch im Einzelnen zuerst das Hydrencephaloid erkannt und die Krämpfe nach Blutverlusten sorgfältiger als vor ihm geschah, untersucht und gewürdigt.

In dem angeführten berühmten Werke bemerkt Marsh. Hall, dass die Zuckungen nächst der Ohnmacht zu den gewöhnlichsten unmittelbaren Wirkungen grosser Blutverluste gehören. Entstehen sie nach einem Aderlasse, so sei anzunehmen, dass er zu reichlich gewesen. In eigner und fremder Praxis riefen übermässige Blutentziehungen bei Kranken öfter lebensgefährliche Krämpfe hervor*). — Travers**) erwähnt, wie M. H. anführt, sogar einer Idiosynkrasie gegen Blutverluste, die sich durch grosse Geneigtheit zu Zuckungen kund gebe. Manche Kranke könnten Blutentziehungen gar nicht ertragen, sie bekämen sehr bald Krämpfe und der Kreislauf stocke so hartnäckig, dass man oft mehrere Stunden lang belebende Mittel anwenden müsse, ehe sie sich erholten. Bei einem Prediger traten nach einem Aderlasse von 20 Unzen Zuckungen ein, die anfallsweise wiederkehrten und den heftigsten Kindbetterinnen-Krämpfen ähnlich waren. Erst nach Verlauf eines Tages, während dessen man unaufhörlich belebende, reizende Mittel anwendete, ging die Gefahr vorüber. Nach Operationen, bei denen Blutung unvermeidlich, erfolge zuweilen ein Zustand, der zu Krämpfen geneigt mache, in deren Folge namentlich Kinder sehr häufig stürben. Er habe ein Kind einen Tag nach dem Ausschneiden eines am Kopfe sitzenden nicht

*) Vgl. die Fälle S. 9, 10, 11, 17. a. a. O.

**) On Constitutional Irritation p. 50.

sehr grossen Naevus an Zuckungen sterben sehen, obwohl nicht einmal Nachblutung erfolgt sei. — Demzufolge hob Travers, wie wir sehen, schon vor Marsh. Hall die Aehnlichkeit der Krämpfe nach Blutverlusten mit denen bei Eclampsie hervor, doch war unsers Wissens M. Hall der Erste, der grösseres Gewicht auf ihre Uebereinstimmung mit fallsüchtigen Anfällen überhaupt legte und wichtige praktische Folgerungen daraus ableitete. Er unterscheidet eine besondere Art von Kindbetterinnen-Krämpfen, die von Blutverlusten ausgingen und mit den aus andern Ursachen herrührenden nicht zusammengeworfen werden dürften. Dasselbe gelte für die Eclampsia infantum. Er frägt endlich nach dem Centralheerde dieser Zuckungen, womit er der Frage nach dem centralen Ausgangspunkte der Fallsucht selbst nahe tritt und den Gegenstand sofort in das volle Licht seiner hohen Bedeutung setzt. Gelingt es auf dem Versuchswege den Heerd der fallsüchtigen Zufälle bei der Verblutung zu entdecken, so scheint damit auch die Aufgabe gelöst, wohin der Heerd der Fallsucht überhaupt zu verlegen sei.

Marsh. Hall war nicht zu allen Zeiten gleicher Ansicht über die Quelle der Krämpfe nach Blutverlusten. In dem Werk über Blutentziehungen findet er sie im Gehirn, ohne dass er indess seine Behauptung irgendwie zu beweisen versuchte. In dem späteren über die Krankheiten des Nervensystems*) verlegt er sie in das Rückenmark und bemüht sich, diese Annahme durch Gründe zu stützen. Sie fallen jedoch keineswegs überzeugend und stichhaltig aus, wie die nähere Prüfung sogleich ergeben wird.

Die Gründe sind:

1) das Ergebniss eines eigenen Versuchs;
2) das eines Versuchs von A. Cooper;
3) die Ergebnisse der physiologischen Versuche, die zur Aufstellung der s. g. excitabeln Gehirnprovinzen geführt haben.

1) Die Fleischer zerschneiden in der Regel beim Schaaf die grossen Gefässe am Hals und das Thier stirbt unter Krämpfen.

*) Uebersetzt von Wallach. Leipzig 1842. S. 114.

M. Hall liess vorher das Rückenmark völlig durchschneiden und dann die Blutgefässe. „Es folgten auch hier heftige Krämpfe, eine Erscheinung, die von dem blutleeren Zustande des Rückenmarks allein abhängen konnte, da der Einfluss des Gehirns entfernt worden war.“ Dieser Versuch ist mit lakonischer Kürze erzählt. Man ist deshalb nicht im Stande zu prüfen, ob er M. Hall zu einer solchen Schlussfolgerung wirklich berechtigte. Wer durchschnitt das Rückenmark? Wurde dem Schlächter die Vollführung einer so schwierigen Operation überlassen? Wo wurde das Rückenmark durchschnitten und wie viel Zeit verstrich zwischen seiner Durchschneidung und jener der Blutgefässe? — Alle diese Fragen hätten billig beantwortet werden sollen. Wir werden in einem späteren Abschnitte zahlreiche Versuche mittheilen, welche mit diesem in völligem Widerspruche stehen, und hoffen dort wahrscheinlich zu machen, dass M. Hall in irgend einer Weise die Beute eines Irrthums geworden sei.

2) A. Cooper*) unterband die Carotiden an einem Kaninchen. Athmung und Herzbewegung wurden beschleunigt, aber keine andere Wirkung erzeugt. Die Wirbelschlagadern wurden 5 Min. lang mit den Daumen comprimirt, die Luftröhre aber völlig freigelassen. Die Athmung stockte fast auf der Stelle; es traten Zuckungen ein, das Thier verlor sein Bewusstsein und schien todt. Der Druck ward aufgehoben und es kam mit einer krampfhaften Inspiration wieder zu sich. Es lag auf einer Seite, machte heftige, zuckende Bewegungen, athmete mühsam und sein Herz schlug mit Schnelligkeit. Nach zwei Stunden hatte es sich erholt, aber sein Athmen blieb erschwert. Der Druck wurde fünf Mal mit demselben Erfolge wiederholt. — Daraus schliesst M. Hall, dass verminderte Blutmenge im verlängerten Mark, das er zum Rückenmark rechnet, Krampf hervorrufe. Dieser Schluss ist ungerechtfertigt, auch wenn der Versuch A. Cooper's tadelfrei wäre. Nicht der Medulla oblongata allein,

*) Some experiments and observations on tying the carotid and vertebral arteries, in Guys Hospital Reports, Vol. I. London 1836. p. 465.

sondern dem ganzen Gehirn wird das Blut vorenthalten, wenn wir beide Carotiden und die artt. vertebrales unterbinden oder comprimiren. M. Hall durfte seinen Schluss nur unter der Bedingung ziehen, dass er zuvor auch bei Unterbindung der Wirbelschlagadern allein den Eintritt von Zuckungen nachwies, was aber nicht der Fall ist. A. Cooper erzählt ja an demselben Orte, was M. Hall, wie es scheint, übersehen hat, dass bei einem andern Kaninchen nach Unterbindung der Vertebrales die Zuckungen sich erst dann einstellten, als die Carotiden auch noch unterbunden wurden, und wir selbst haben an mehr als zwanzig Kaninchen beide Subclaviae an der Abgangsstelle vom truncus caroticus und dem Aortabogen unterbunden, ohne dass jemals Zuckungen erfolgt wären. — Der ersterwähnte Versuch Cooper's ist überdies unrein. Es ist unmöglich, beim Kaninchen die Vertebrales mit dem Daumen zu comprimiren, ohne wichtige Nachbartheile, die nervi vagi, sympathici, phrenici, Halsvenen u. s. w. zu quetschen. — In einer späteren Schrift*) hielt es M. Hall für zweifellos, dass A. Cooper nicht, wie dieser vermuthete, und er selbst zuerst annahm, die arteriae vertebr. comprimirte, sondern die Jugular- und Vertebralvenen.

3) Die physiologische Erfahrung lehre, dass Gehirnverletzungen bloss Lähmung verursachten, während Verletzungen der Medulla oblongata und spinalis je nach ihrer Stärke Krämpfe oder Lähmung zur Folge hätten. Unter Medulla oblongata begreift er hier alle jene Gehirntheile, die man seit Flourens „excitable" nennt, deren mechanische, galvanische oder kaustische Reizung Zuckungen oder Schmerzensäusserungen zur Folge hat. Ohne über diese, mit Marsh. Hall's Theorie des excitomotorischen Nervensystems innig zusammenhängende, weite Ausdehnung des Rückenmarksgebietes bis zu den Sehhügeln hin rechten zu wollen, müssen wir entgegenhalten, dass die Erfolge mechanischer, kaustischer oder galvanischer Eingriffe hier, wo es sich wahrscheinlich um einen Eingriff anderer, rein

*) Synopsis on the class of paroxysmal diseases of the nervous centres, 1851. p. 43. in Memoirs on the nervous system.

nutritiver Art handelt, nicht unbedingt maassgebend sein können. Wenn Unterbrechungen im Verlauf der Nervenröhren in und vor den Sehhügeln Lähmung herbeiführen, so muss vor der Trennungsstelle der Heerd einer Kraft sein, die Bewegungen hervorzurufen im Stande ist, und man hat bekanntlich vielen Grund anzunehmen, dass das seelische Prinzip der Bewegung diese Kraft sei. Insofern nun die Vermuthung gestattet ist, dass jeder seelische Bewegungsanstoss durch materielle Veränderungeu leitender Grosshirnnervenröhren den eigentlichen motorischen Röhren und Muskeln überbracht werde, lässt sich die Möglichkeit nicht von der Hand weisen, es könne doch gewisse materielle Erregungsmittel des Grosshirns geben, die von hier aus Bewegungen und selbst allgemeine Zuckungen hervorzurufen vermöchten. Jedenfalls ist es nicht erlaubt, einem so eigenthümlichen Eingriff in das Gehirnleben, wie die rasche Blutentleerung ist, von vornherein eine erregende Wirkung auf die bewegungsvermittelnden Grosshirnbezirke abzustreiten, wenn nicht bestimmte Versuchsergebnisse diese Unterstellung als irrig darlegen.

Wir glauben hiermit genügend nachgewiesen zu haben, dass die Annahme: das Rückenmark enthalte die Quelle der Zuckungen nach Blutverlusten, durch M. Hall's Beweisführung keineswegs so sicher gestellt wird, wie man namentlich in England *) zu glauben geneigt ist. Die Aufgabe, diese Quelle zu suchen, muss vielmehr von Neuem aufgenommen und einer genaueren Bearbeitung unterworfen werden. Wir theilen nun im Nachfolgenden die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen über diesen Gegenstand mit. Es galt uns zuerst die Frage zu beantworten, ob die Zuckungen an einen bestimmten, umschriebenen Heerd in der Cerebrospinalaxe gebunden seinen oder nicht, ob etwa, wie es ein Sensorium commune giebt, wo alle Empfindungen des Körpers im Bewusstsein einheitlich zusammenstrahlen und einen nodus vitae für die Athembewegung, — so auch ein centrum motorium commune, ein nodus epilepticus bestehe, von

*) Vergl. z. B. Pereira, the elements of materia medica, 3d. ed. Vol. II. Part. II. pag. 1797.

wo die Krämpfe all der zahlreich ergriffenen Muskelgruppen bei der Verblutung ausgingen, oder ob sämmtliche psychische, automatische und reflectorische Bewegungsheerde der Cerebrospinalaxe gleichzeitig in Erregung gesezt würden; wir haben hernach versucht, den Heerd der fallsüchtigen Anfälle überhaupt zu bestimmen und schliesslich gewagt, über die Natur der Gehirnveränderung, die der Fallsucht zu Grunde liegt, einige Betrachtungen anzustellen.

Möge es uns gelungen sein, die Lehre von der Fallsucht wesentlich gefördert zu haben; möchte diese Arbeit von besseren Männern bald Prüfung, Bestätigung und Erweiterung erfahren.

II.

Die Unterbrechung der Zufuhr von rothem Blut zum Kopfe des Kaninchens bedingt fallsuchtartige Anfälle wie die Verblutung.

Mehr als zwanzig Kaninchen, die wir entweder absichtlich rasch verbluten liessen oder die uns gelegentlich bei Versuchen verbluteten, starben unter allgemeinen Zuckungen, wie man sie bei der Fallsucht beobachtet und wie wir sie später genauer beschreiben wollen. Nicht ein einziges von allen denen, die wir verbluten sahen, blieb davon verschont.

Diese Zuckungen unterschieden sich in Nichts von denjenigen, die wir bei mehreren verblutenden Hunden und Katzen beobachteten und wie sie beim verblutenden Menschen beschrieben werden.

Ebensowenig liess sich ein Unterschied zwischen den Anfällen bei der Verblutung und jenen auffinden, die bei etwa 100 Kaninchen eintraten, deren Carotiden und Schlüsselbeinschlagadern vor dem Abgang der Wirbelschlagadern unterbunden oder (mittelst geeigneter feiner Klammern) comprimirt wurden.

Wir überzeugten uns endlich bei mehr als einem Dutzend Kaninchen, dass die Anfälle, welche durch die Compression der genannten Schlagadern hervorgerufen wurden, in allen Stücken denen gli-

chen, die später wieder nach wiederhergestelltem Kreislauf des Kopfes an demselben Thiere zufällig oder absichtlich bei Verblutung entstanden.

Wir sahen die fallsuchtartigen Zuckungen nach der Compression der Schlagadern des Kopfes bei Männchen und Weibchen, bei jungen Thieren von 3—4 Wochen und alten von mehreren Jahren, bei Albinos und farbigen, ausnahmslos eintreten, wenn die Thiere gesund und einigermassen bei Kraft waren.

Das Gesetz, dass rasche Verblutung oder Unterbindung der grossen Schlagaderstämme des Halses fallsuchtartige Krämpfe hervorruft, verliert bei sehr geschwächten und bei ätherisirten Kaninchen seine Geltung.

Ein sehr altes, mageres, im Zustande äusserster Schwäche befindliches Kaninchen sank nach Unterbindung der genannten Schlagadern in Ohnmacht und verschied nach wenigen Minuten, ohne dass sich die Zuckungen eingestellt hätten. Dies war das einzige, von unserer Seite directen schwächenden Eingriffen auf das Nervensystem, namentlich auch der Aetherisation nicht unterworfene Kaninchen, das wir bei unseren zahlreichen Versuchen über Unterbindung der Halsgefässe ohne Zuckungen sterben sahen.

Kaninchen, die in den Zustand der tiefsten Aether-Betäubung gebracht werden, verlieren, wie wir dies oftmals beobachteten, das Vermögen, beim Verbluten oder der Compression der Halsschlagadern in Zuckungen auszubrechen; haben sie sich von der Betäubung erholt, so gewinnen sie dieses Vermögen auf's Neue.

Nur ein einziges gesundes und kräftiges Kaninchen ist uns vorgekommen, das ohne ätherisirt oder weiteren Eingriffen auf Gehirn und Rückenmark unterworfen worden zu sein, trotz der Unterbindung der Halsarterien und obwohl es in einen Zustand tiefer, Ohnmacht ähnlicher, Schwäche versunken war, noch nach 10 Minuten keine krampfhaften Erscheinungen darbot. Auch dieses Thier starb unter Zuckungen, als wir die Aorta anstachen. Wir vermuthen, dass in diesem seltenen Falle das Gehirn auf einem ungewöhnlichen

Weg etwas Blut erhielt, gerade hinreichend, den Eintritt der Zuckungen zu verhindern. Man sieht zuweilen kleine Nackengefässe unmittelbar vom Aortabogen abgehen, vielleicht gelangte etwas Blut auf solcher Bahn oder durch ungewöhnlich grosse Verbindungszweige der Intercostales mit den Wirbelschlagadern in die Schädelhöhle.

Wir fanden, um rasch Krämpfe hervorzurufen, in sämmtlichen Fällen das Verschliessen aller 4 Arterien nothwendig. Blieb eine Carotis oder eine Subclavia durchgängig, so sahen wir niemals, wenn auch die Unterbindung der drei andern Gefässe mehrere Stunden andauerte, Zuckungen ausbrechen, wohl aber erschienen die Thiere in der Regel, jedoch nicht immer, geschwächt und mehr oder weniger gelähmt.

Es ist von vornherein wahrscheinlich, dass die Krämpfe bei der Verschliessung der grossen Halsarterien vom Gehirn ausgehen und durch Anämie desselben bedingt sind; der weitere Gang unserer Untersuchungen wird diese Vermuthung zur Gewissheit erheben. Ehe wir jedoch zum Beweise vorschreiten, sei es uns gestattet:

1) einige Bemerkungen über das Verfahren, die grossen Schlagadern des Halses beim Kaninchen aufzusuchen und zu verschliessen, vorauszuschicken;
2) die Krampfanfälle genau zu beschreiben und ihre Uebereinstimmung mit denen bei Fallsucht darzulegen;
3) die Zufälle zu schildern, unter welchen der Tod bei der Unterbindung eintritt und die Erscheinungen, die bei Wiederherstellung des Kreislaufs erfolgen;
4) endlich den Beweis zu führen, dass wahrscheinlich auch beim Menschen und den Warmblütern überhaupt das Gesetz gilt, wonach die rasche Unterbrechung der Blutzufuhr zum Kopfe fallsuchtartige Zuckungen hervorruft.

Wir wollen hier nur noch zum Schlusse mit wenigen Worten auf die oben mitgetheilte Erfahrung aufmerksam machen, dass weit getriebene Aetherisation das Vermögen der Thiere, bei Blutverlusten in Zuckungen auszubrechen, aufhebt. — Die Aetherisation setzt uns unter

Umständen der Gefahr aus, Operirten tödtliche Blutverluste zuzufügen, ohne dass uns die bedenklichen Zeichen des Schwindels und der Ohnmacht, oder das noch bedenklichere der Zuckungen warnend zu Hülfe kämen. Das ist eine Thatsache von äusserster Wichtigkeit bei blutarmen Personen oder bei solchen, die überhaupt Blutverluste schwer ertragen und leicht dadurch gefährdet werden. Es ist die Vermuthung wohl gestattet, ein und der andere auf dem Operationstisch angeblich an Chloroform Verschiedene möge nicht den Vergiftungs-, sondern den Verblutungstod gestorben sein. — Für die Frage der Behandlung fallsüchtiger Zufälle mit Aether scheint uns daraus hervorzugehen, dass durch die Einathmung von Aether oder Chloroform während etwaiger Vorläufer des Anfalls der Ausbruch der Krämpfe verhindert werden könne. Damit ist aber nicht bewiesen, dass der krankhafte Zustand des Gehirns, der den Anfall bedingt, gehoben wird, die Gehirnanämie z. B. besteht trotz der Aetherisation in unseren Versuchen fort, und der Anfall ist nur verdeckt und nicht beseitigt. Wir halten eine solche Kurart im Allgemeinen für schädlich und selbst gefährlich, weil zu jedem Anfall von Fallsucht ein gewisser Grad von Asphyxie sich gesellt und die Ernährung des Gehirns beeinträchtigt, die Aetherisation aber auf diese sehr nachtheilig einwirkt. Wir werden am Ende unserer Arbeit wahrscheinlich machen, dass zahlreichen Formen der Fallsucht ein und derselbe Vorgang zu Grunde liegt: plötzliche Aufhebung der Ernährung des Gehirns. Begreiflicherweise wird unter solchen Umständen gewissenhaft Alles gemieden werden müssen, was dem rothen Blute die Eigenschaften des schwarzen ertheilt, und es dadurch der Fähigkeit beraubt, das Gehirn in gehöriger Art zu speisen. Damit sprechen wir der Behandlung mit Aether für manche Fälle den Werth nicht ab. Er mag zuweilen durch Minderung übermässiger Erregbarkeit einzelner Nervenbezirke den Quell der Anfälle verstopfen; wir bezweifeln seinen Nutzen nur da, wo dieser von der Einwirkung auf den Centralheerd, auf das Gehirn, erwartet werden müsste und fürchten Lähmung der Med. oblongata.

III.

Bemerkungen über das Verfahren, die grossen Schlagadern des Halses beim Kaninchen aufzusuchen und zu verschliessen.

Wir haben das Verfahren, welches der Eine von uns in den Verhandl. der phys. medizin. Gesellschaft in Würzburg v. J. 1855 (Bd. VI. H. 1.) veröffentlichte, mit einigen Abweichungen beibehalten. Nachdem der Hautschnitt, die Muskelschnitte und das Abbrechen der oberen Brustbeinspitze in der dort beschriebenen Weise geschehen sind, wird die Fascie, welche die grossen Schlagaderstämme sammt ihren Zellscheiden und das Fett bei wohlgenährten Thieren bedeckt, vorsichtig mittelst Pincette und Messer abgetrennt, dann aber das Messer bei Seite gelegt und zu zwei feinen Pincetten gegriffen. Man löst die Fettklümpchen vorsichtig über dem truncus anonymus nach beiden Seiten hin ab, zerreisst das Bindegewebe, das diesen umgiebt, macht ihn ringsum frei und führt mit einem eigens für diesen Zweck zugerichteten Unterbindungshäkchen einen starken seidenen Faden um ihn. Die Benützung von Pincetten statt des Messers verkürzt die Operation sehr und schützt vor Blutungen und Verletzungen der Pleurasäcke. Ein Gehülfe zieht dann den truncus anonymus etwas nach rechts und vorn an, während man mit den beiden Pincetten hart am linken Rande des Truncus und der linken Carotis eingeht, das Fett wegnimmt oder nach den Seiten auseinanderlegt, das Bindegewebe zerreisst und dadurch allgemach in die Tiefe gegen den Aortenbogen vordringt. Wenn die linke Subclavia zum Vorschein kommt, so wird sie ebenfalls freigelegt und mit einem Faden umschlungen oder sogleich unterbunden. Unglücksfälle, als da sind: Blutungen, Verletzungen der Pleurasäcke, des Herzbeutels, des Milchbrustgangs oder des linken Sympathicus begegneten uns bei der grossen Uebung, die wir gewannen, nur noch selten, und wir vollendeten die Operation gewöhnlich in 10—15 Minuten, selten bedurften wir mehr als 20—30. Zur Compression der Gefässe bedienten wir uns der neu-

silbernen, glatten, kleinen Zangen, die wir in unserer Abhandlung über den Einfluss der arteriellen Blutströmung auf die Wärme des Ohrs beim Kaninchen*) beschrieben haben.

Bei mehr als 80 Kaninchen entsprangen die rechte Subclavia und beide Carotiden von einem gemeinschaftlichen truncus anonymus, dessen Länge sehr beträchtlich wechselte und zuweilen fast auf Null reducirt erschien, während die linke Subclavia für sich allein aus dem Aortenbogen entsprang. Bei zwei Thieren ging die rechte Subclavia nicht vom Truncus, sondern links neben der linken Subclavia ab und schlug sich hinter der Speiseröhre rechts herüber. Das Verhältniss der Lichtungsdurchmesser des truncus anonymus, der Carotiden, der Subclaviae und der vertebrales zu einander schwankte bei den einzelnen Thieren bedeutend.

IV.

Beschreibung der krampfhaften Anfälle beim Kaninchen nach Verschliessung der grossen Schlagadern des Halses und Nachweis ihrer Uebereinstimmung mit den Anfällen in der Fallsucht.

Die allgemeinen Zuckungen erfolgten gewöhnlich 8—18 Sekunden nach völliger Absperrung des rothen Blutes. Wir opferten sechs Kaninchen einzig dem Zweck genauer Zeitbestimmung ihres Eintritts. Nach Blosslegung und Umschlingung der Schlagadern gewährten wir diesen Thieren noch 15 Min. Ruhezeit in aufrechter Stellung, ohne Compressionsversuche zu machen. Dann unterband Einer von uns möglichst rasch die subclavia sinistra und den truncus anonymus, während der Andere die Sekundenuhr in der Hand den zeitlichen Verlauf der Erscheinungen aufzeichnete. — Bei einem sehr kräftigen, 2 Jahre alten männlichen Kaninchen traten die allgemeinen Krämpfe schon 3″ nach der Unterbindung des truncus anonymus ein; dies ist

*) Moleschott's Unters. zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, I. B. S. 104.

die kürzeste Frist, die wir überhaupt beobachteten. Bei zwei 4 Wochen alten, weiblichen, weissen Kaninchen erfolgten sie nach 10 und 12″. Bei einem weiblichen, grauen Kaninchen von 2—3 J. in 10″, bei einem gleich alten männlichen in 16″, bei einem 4—5 J. alten kräftigen männlichen in 45″. Keines von allen diesen Thieren hatte unter der Operation eine irgend erhebliche Menge Blutes verloren.

Es sind uns unter etwa 100 kräftigen Kaninchen nur 4 begegnet, wo nach vollkommen genauer Verschliessung der genannten Gefässe die Zuckungen erst nach 4—6′ eintraten, und ein einziges, wo sie, wie schon erwähnt, sich sogar in Frist von 10′ gar nicht einstellten, bis die Aorta angeschnitten wurde. Bei allen fünfen wurden die Gliedmassen rasch nach der Unterbindung von Lähmung befallen, so dass die Thiere sich nicht mehr aufrecht halten konnten und ohnmachtähnlich zusammengesunken auf dem Tische lagen.

Dem Eintritte der Zuckungen geht ausnahmslos eine Fülle von Bewegungserscheinungen voraus, die in der angeführten Abhandlung Kussmaul's in der Zeitschr. des Würzb. physik. med. Vereins meist schon ausführlicher besprochen wurden. Wir heben hier nur folgende kurz hervor:

1) In der ersten Zeit nach der Sperrung des Blutstromes verengen sich die beweglichen Spaltöffnungen des Kopfes, vor allen in ausgezeichneter Weise die Iris- und Liedspalte, ferner, nach der abnehmenden Deutlichkeit aufgezählt, die Ohrmuscheln, Nasenlöcher und Mundspalte; die Kieferspalte, die gewöhnlich schon geschlossen ist, geräth in krampfhafte Sperre. Später, in der Regel kurz vor, zuweilen mit dem Eintritt der allgemeinen Zuckungen, erweitern sich Pupille, Liedspalte, Ohrmuscheln und Nasenlöcher, manchmal auch deutlich der Mund; die Anzieher des Unterkiefers scheinen meist gleichfalls vorübergehend zu erlahmen, worauf während des Anfalls Trismus entweder rein oder von krampfhaften schwächeren Ab- und stärkeren Anziehungsbewegungen des Unterkiefers unterbrochen sich einstellt.

2) Die Augäpfel rollen sich, nachdem fast immer einige zukkende Versuche, die Pupille in den inneren Augenwinkel einzustellen, vorausgingen, dergestalt von innen, vorn und unten nach aussen, hinten und oben, dass die Pupillen den äusseren Augenwinkeln zugekehrt und unter den oberen Liedern mehr oder weniger versteckt werden.

3) Die Augäpfel werden Anfangs in die Augenhöhlen zurückgezogen, später, wenn die Pupillen sich erweitern, treten sie neuerdings aus denselben hervor.

4) Die Athmung wird zuerst beschleunigt und kurz, später, geringe Zeit vor dem Eintritte der allgemeinen Zuckungen, verlangsamt und tief.

5) In der Regel erlahmen die Nackenmuskeln, sie vermögen das Gewicht des Kopfes nicht mehr zu tragen, derselbe sinkt abwärts auf die Brust oder auf die Seite, oft genug brechen die Thiere zugleich in den Vorderbeinen, zuweilen auch in den Hinterbeinen ohnmächtig zusammen. Diese Lähmungserscheinungen sind um so ausgesprochener und treten um so beständiger ein, je länger es währt, bis die allgemeinen Zuckungen ausbrechen.

Das Signal zu den allgemeinen Krämpfen wird durch tonische Contraction der Nackenmuskeln gegeben. Damit beginnt eine furchtbare und, wenn ohnmachtähnliches Zusammensinken vorausging, des Gegensatzes wegen doppelt überraschende Scene. Der Kopf wird gewaltsam rückwärts gezogen, die Pupille erweitert sich ausnehmend stark, heftiger Trismus tritt ein und das ganze Thier wird, wenn es kräftig ist, in der Regel mit grosser Gewalt vornüber geschleudert, selbst 1—2 Fuss weit und zuweilen über die Schultern des vor ihm sitzenden Beobachters hinweg. Die Beine contrahiren und strecken sich nun in Form klonischer Krämpfe abwechselnd auf das heftigste, die erweiterte Pupille kommt, indem der Augapfel sich wieder etwas einwärts gerollt hat, starr in die Mitte der Liedspalte zu stehen, von der Athmung ist nichts wahrnehmbar, der Herzschlag dauert kräftig fort. Allmälig nehmen die klonischen Zuckungen ab, gewinnen mehr ein tetanisches Gepräge, und endlich verschwinden sie ganz, was in der Richtung von vorn nach hinten geschieht. Zuerst erlahmen die

Nackenmuskeln und Vorderbeine, während der Hinterkörper sich nach rückwärts krümmt und die Hinterbeine tetanisch sich strecken, bis auch diese Bewegungen erlöschen. Die Dauer dieser Anfälle betrug nach mehreren Zeitmessungen 18 Sekunden bis 2 Minuten.

Oefters tritt nach einer Pause von 15—75″ ein zweiter Anfall ein, immer schwächer und kürzer als der erste und häufig sich nur auf den Hinterkörper in Gestalt tetanischer Zuckung beschränkend, zuweilen jedoch auch den ganzen Körper in Form klonischer Krämpfe ergreifend. Einen solchen zweiten Anfall sahen wir in einem Falle ausnahmsweise ebenfalls 2′ lang währen. Zuweilen kehren selbst zum dritten und vierten Mal in Pausen von 15—30″ Zuckungen in Gestalt tetanischer Streckungen der Hinterbeine wieder. Am kräftigsten und regelmässigsten wiederholten sich die Zuckungen bei jenen Thieren, denen wir die grossen Schlagadern sofort unterbanden, ohne ihre Kräfte zuvor durch Compressionsversuche geschwächt zu haben.

Gegen Ende der Anfälle wurde zuweilen Harn und Koth entleert, andere Male erfolgte auch bei gefüllter Blase keine Ausleerung.

Ganz in derselben Weise beschaffen sind die Zuckungen bei der Verblutung des Kaninchens, der Katze und des Hundes.

Diese Krämpfe bieten vollkommen das Gepräge von ausgebildeten Anfällen der Fallsucht, wie folgende Aufzählung der wichtigsten Erscheinungen lehrt.

1) Die Thiere fallen zusammen, ehe die allgemeinen Zuckungen ausbrechen, und gehen des willkürlichen Gebrauchs ihrer Muskeln vollkommen verlustig.

2) Sie machen den Eindruck völliger Bewusstlosigkeit.

3) Keines der geopferten zahlreichen Thiere schrie, so lange die Sperrung der Blutströmung andauerte, vor oder während des Krampfanfalles, und nur zwei mit dem Nachlass desselben. Dagegen huben sie öfter in dem Momente, wo das rothe Blut wieder einströmte oder doch bald nachher, kläglich zu schreien an. Aus dem Unvermögen zu schreien und allmäligen Anschwellen der Gehirnvenen während des Anfalls, wovon später die Rede sein wird, schliessen wir auf Krampf der Stimmritze (Laryngismus).

4) Die Pupillen sind während der Anfälle erweitert, scheinen, nach mehreren Versuchen zu schliessen, starr und die Augäpfel unbeweglich. Vor und nach den Anfällen aber, selbst noch im Stadium der letzten Athemzüge, wo die Pupillen gleichfalls sehr erweitert sind, erwiesen sie sich bei mehreren genau geprüften Thieren gegen den Einfluss des Lichtes empfindlich*).

5) Die Anfälle beginnen mit einem tonischen Krampfe der Nakkenmuskeln (Trachelismus).

6) Die Athmung ist aufgehoben, während das Herz fortschlägt.

7) Die Gliedmassen werden von heftigen klonischen Zuckungen ergriffen, die mit Streckkrämpfen endigen.

V.

Von den Zufällen, unter welchen der Tod nach Unterbindung der grossen Schlagadern des Halses beim Kaninchen eintritt und den Erscheinungen, die bei Wiederherstellung des Kreislaufs erfolgen.

Die Sperrung des Stromlaufes in den grossen Schlagadern des Halses führt zum Tode, wenn sie nicht beseitigt wird, im andern Fall erholen sich die Thiere, wenn nicht schon die lebenswichtigen Organe Veränderungen erfuhren, die sie unfähig machen, ihre Verrichtungen auszuüben.

Hat der fallsüchtige Anfall geendet und dauert die Sperrung des Stromlaufes fort, so ist das Thier weder sofort todt, noch belebungsunfähig. Immer geschehen noch einzelne ausserordentlich

*) Im vollkommen ausgebildeten Anfall der Fallsucht soll bekanntlich die Pupille durch einfallendes Licht nicht mehr zur Verengerung gebracht werden. Dass sie aber während des allerheftigsten Anfalles von Eclampsie sich anders verhalten könne, davon überzeugte sich Kussmaul kürzlich bei einem Knaben, der an Tuberculose der Meningen und Caries der untersten Brustwirbel verstarb. Die ausnehmend erweiterten Pupillen des vollkommen bewusstlosen Kindes reagirten während der ganzen, 2 Stunden betragenden Dauer des Anfalls sehr kräftig gegen den Lichtreiz.

tiefe, seufzende Athemzüge in Pausen von 5, 8, 10, 12, und selten mehr Sekunden.

Sie sind um so kräftiger und folgen sich um so rascher und häufiger, je weniger der Compressionsversuche waren, denen das Thier vor der dauernden Unterbindung unterworfen wurde. Sie erfolgen zuweilen selbst dann noch, wenn das Hervorquellen eines feinblasigen rothen Schaumes aus den Nasenlöchern den Eintritt von ausgedehntem Lungenödem anzeigt.

Bei diesen tiefen Athemzügen sperrt das Thier Mund und Kieferspalte weit auf und an der Brustwand sind deutliche Ein- und Ausathmungsgeräusche zu vernehmen, während beim gewöhnlichen Athmen der Kaninchen oder wenn die Athmung einfach beschleunigt ist, nur Einathmungsgeräusche gehört werden. Bei jeder tiefen Einathmung sieht man den Brustkorb sich ausnehmend erweitern und Luft durch die Wunde unter das Brustbein eindringen. Häufig bahnt sie sich hinter diesem und vor dem Herzen zwischen den Blättern des Mittelfell-Zellgewebes einen Weg und tritt zuweilen in die Pleurahöhlen selbst ein, so dass Pneumothorax entsteht. Wie und wo die Zerreissung der Pleurawände dabei erfolgt, konnte von uns nicht gefunden werden.

Der letzte Athemzug erfolgt in der Regel 3—5 Minuten nach der Unterbindung der letzten Schlagader, selten später.

Das Herz schlug ausnahmslos bei allen Versuchen noch längere Zeit nach dem letzten Athemzuge kräftig fort. Wir konnten einige Male noch eine halbe Stunde hernach die Herztöne mittelst des Hörrohrs an der Brustwand vernehmen oder das Herz von der eröffneten Bauchhöhle aus durch das Zwerchfell hindurch schlagen sehen. Das Zwerchfell ist beim Kaninchen so durchscheinend, dass es die Lage der anstossenden Brusteingeweide vortrefflich zu prüfen gestattet. Auf diese Weise kann man sich auch immer leicht unterrichten, ob Luft in die Pleurahöhle eindrang.

Selten erlosch der Herzschlag bei uneröffneter Brusthöhle vor der zehnten Minute. Wurde das immer blutüberfüllte Herz der Luft ausgesetzt, so fing es, wenn es schon stillgestanden, selbst eine

Viertel- und halbe Stunde nach dem letzten Athemzuge noch in allen Theilen sich zu contrahiren an. Ja, bei einem ausgewachsenen grauen Kaninchen schlug es noch nach einer ganzen Stunde in allen Theilen kräftig fort, obwohl die Hinterbeine gleich nach dem letzten Athemzuge todtenstarr geworden waren. Dieselbe Beobachtung hat schon Mayer in Bonn gemacht, der in den Act. Phys. Med. Acad. Caes. Leopold. Carol. v. Jahre 1833. T. XVI. 2. S. 68. anat. physiologische Untersuchungen über das Gehirn, das Rückenmark und die Nerven veröffentlichte, worin er zahlreiche Versuche über Compression der Carotiden bei Hunden, Kaninchen, einem Pferde, einer Ziege und Taube mittheilt. Nachdem er bei einem Kaninchen die Subclavia sin. und den Truncus anonymus unterbunden hatte, traten sogleich völlige Lähmung des Kopfes und der Vorderbeine, hierauf starke tetanische (?) Stösse des Rumpfes, Erweiterung der Pupille und binnen 1′ der Tod ein. Nach 40′, während das Thier schon 10′ ganz todesstarr war, pulsirte das Herz noch 11 Mal in der Minute. — In diesen Fällen fand somit eine auffallende Ausnahme von der Regel statt, wonach das linke Herz das „primum moriens“ zu sein pflegt. — Immer aber starb die linke Herzkammer vor den andern Theilen des Herzens, wobei sie sich zusammenzog, bleich und starr wurde; der rechte Vorhof starb zuletzt.

Harn und Koth wurden häufig erst mit den letzten Athemzügen oder noch später entleert.

Die Todtenstarre trat gewöhnlich früher an den Hinterbeinen, als an den Vorderbeinen auf.

Wurde bei unterbundener linker Subclavia das Compressorium vom truncus caroticus entfernt, so lange das Thier noch nicht in den letzten Zügen lag, so wurde es fast ausnahmslos auffallend rasch binnen wenigen Sekunden wieder in den Gebrauch seiner Gehirn- und Muskelkräfte gesetzt. Dies gelang zuweilen selbst dann noch, wenn das Thier eben zu verenden drohte, wenn die tiefen Athemzüge nur noch in langen Pausen wiederkehrten, die Pupille schon jene bedeutungsvolle mächtige Erweiterung bis zur Verjüngung des Irissaums auf 1—2 Mm. erreicht hatte, jene Erweiterung, die Bouchut,

freilich, wie diese Versuche lehren, mit Unrecht, als sicheres Zeichen des erfolgten Todes betrachtet wissen will. Immer aber bedurfte es dann längerer Zeit, bis die Athmung wieder hergestellt wurde und das Thier Gewalt über seine Muskeln erhielt. Wir sahen 36, 45, 120 Sekunden nach der Anlegung von Unterbindungsfäden, die uns mit der Scheere vom truncus caroticus glücklich wieder abzulösen gelang, und sogar in einem Falle, wo die Anfälle erst 5 Minuten nach der Unterbindung eingetreten waren, noch 7 Minuten nach dieser die Athmung allmälig wieder zu raschem Gange kommen, das Bewusstsein und die Willensherrschaft über die Muskeln des Körpers zurückkehren. Es ist wie gesagt möglich, dass im letzten Falle nach der Unterbindung der grossen Halsgefässe noch etwas Blutzufuhr auf Nebenwegen stattfand, wodurch der Eintritt der Zuckungen eine so ungewöhnlich lange Verzögerung erlitt, und es kann deshalb dieser Versuch nicht mit voller Sicherheit zur Bestimmung, wie lange das Gehirn des Kaninchens der arter. Blutzufuhr völlig entbehren könne, benutzt werden*). Nach dem Ergebniss der ersten Versuche aber, welche den gewöhnlichen Verlauf hatten, ist die Annahme wohl gestattet, dass das Kaninchen-Gehirn 2 Minuten lang des arteriellen Zuflusses entbehren könne, ohne die Fähigkeit zu verlieren, bei erneuter Tränkung mit Nährsaft abermals seine Verrichtungen zu vollziehen. —

Einen wunderbaren Anblick gewährt die Lösung des Compressoriums, wenn sie zu der Zeit vorgenommen wird, wo die Zuckungen in grösster Heftigkeit wüthen. Wie gebannt durch die Hand eines Zauberers weichen sie fast immer augenblicklich, und der plötzliche Wechsel furchtbarster Krämpfe und völliger Erschlaffung bietet ein Bild des auffallendsten Gegensatzes. Die starr zusammengezogenen Nackenmuskeln erlahmen und der Kopf sinkt vorn herüber, wie von einem grossen Gewichte belastet und abwärts gezogen. Zuweilen machen die Thiere in dem Augenblicke, wo das Blut einströmt, eine

*) Wir greifen hier dem Gange unserer Untersuchungen nothgedrungen vor, indem wir als erwiesen voraussetzen, dass durch die Unterbindung im Gehirn Mangel an rothem Blute entstehe, obschon wir diese Behauptung erst später beweisen können.

Bewegung gradaus nach vorn, als ob sie die Wucht des in den Kopf hereinstürzenden Blutes vornüberzuschleudern drohe, dann sinken sie gelähmt zusammen. Erst allmälig mit dem Nachlass der mächtigen Wallung zum Kopfe richten sie sich wieder empor oder springen gewöhnlich auf, wie wenn sie aus tiefer Bewusstlosigkeit erwachten, schreien zuweilen und suchen zu entfliehen.

Oeffnet man die Schleuse, ehe die allgemeinen Zuckungen eingetreten sind, in dem Zeitraum, wo die Nackenmuskeln sich zu contrahiren beginnen, so knicken die Thiere häufig zusammen und kommen mit Brust und Bauch auf den Tisch zu liegen.

Niemals ruft das starke Einströmen des Bluts in den Kopf, diese gewaltige arterielle Wallung, Krämpfe hervor, wie man nach den Theorien der Schule erwarten sollte, selbst wenn man beide Halsstränge des Sympathicus durchschnitten und die obern Halsganglien ausgerottet hat. Vielmehr erlahmen zahlreiche Muskelgruppen. Es erschlaffen die Schliessmuskeln aller beweglichen Spaltöffnungen des Kopfes, der Iris- und Liedspalte, der Ohrmuscheln, der Nasenlöcher, des Mundes und die Anzieher des Unterkiefers, die Retractores bulbi, die Muskeln des Nackens und der Gliedmassen. Die Pupillenweite erreicht häufig die grossen Durchmesser, die am sterbenden Thiere beobachtet werden, so dass der Erweiterer sich thätig dabei zu betheiligen scheint, auch die Erweiterung der Liedspalte und Ohrmuscheln ist meist in hohem Grade auffallend, weniger die der Nasenlöcher und der Mundspalte.

Wurde der Stromlauf während eines vollkommen entwickelten fallsuchtartigen Anfalls hergestellt, so tritt das Athemholen nicht augenblicklich ein. Es verstreichen einige Sekunden, bis ein oder mehrere tiefe, seltene, aber geräuschlose Athemzüge erfolgen, wobei die Nasenlöcher beträchtlich weit werden und der Mund häufig aufgesperrt wird. Mit abnehmender Wallung geht das tiefe Athmen allmälig in ein rasches und leichtes über, die Spaltöffnungen verengen sich wieder zu den gewöhnlichen Durchmessern, der vorgequollene Augapfel tritt in die Augenhöhle zurück, die Gewalt über Nacken und Gliedmassen kehrt wieder.

Die erstaunliche Kraft, womit bei diesen Versuchen das rothe Blut die furchtbarsten Krämpfe augenblicklich zu bannen vermag, warnt eindringlich vor der Thorheit des blinden Haufens, der ohne Verzug zur Lanzette greift, wo heftige Reizerscheinungen vom Gehirn ausgehen. Die Stimmen denkender Aerzte seit den grauen Zeiten des Hippokrates und Aretaeus, dieser nüchternen Beobachter, die namentlich über Behandlung der Fallsucht bessere Ansichten hatten, als die Meisten, die nach ihnen über diesen Gegenstand schrieben*), bis herab zu den klassischen Arbeiten M. Hall's über Blutentziehungen und Hydrencephaloid sind an den Ohren blutdürstender Quacksalber ungehört vorübergegangen. Die Irrenärzte werden nicht müde, die traurigsten Erfahrungen über die Nachtheile der Blutentziehungen und der schwächenden Kurmethode, wie sie noch so vielfach bei Fallsucht und Manie, im Anfangsstadium des Blödsinns mit fortschreitender Lähmung und jeder Aufgeregtheit irrer Personen überhaupt als Hauptmittel angewendet werden, zu berichten, ihre Predigten aber verhallen in den Mauern der Asyle. Vergebens ist für die Fallsucht die Thatsache festgestellt, dass blutarme Personen häufiger ergriffen werden, als blutreiche, dass schwächende Affekte, Blut- und Samenverluste, fehlerhafte Blutbereitung und Mischung (Alcoholismus, Bleivergiftung u. s. w.), endlich angeborne Gehirnschwäche (Idiotismus congenitus) die Anfälle zumeist veranlassen. Vergebens ist nachgewiesen, dass die Fallsucht selbst allgemach zur Anämie führt und damit die Geneigtheit in Zuckungen zu fallen wächst. Vergebens bürgen zahlreiche Erfahrungen an Menschen und Pferden für die Richtigkeit der Lehre, dass Blutentziehung und jedes allzuschwächende s. g. Heilverfahren die Zahl der Anfälle mehre und den Ausgang in Blödsinn und Abzehrung beschleunige. Vergebens räth man zur gewissenhaftesten Prüfung des Kräftezustandes der Kranken, der Strömungsverhältnisse des Gehirnkreislaufs, zur sorgfältigen Ermittlung der ursächlichen Momente, ehe man zu Heil-

*) Vgl. Delasiauve, traité de l'épilepsie, 2e partie, ch. 1. histoire du traitement, p. 308.

eingriffen schreite. Die Schaar derer, die bei allen Formen der Fallsucht gedankenlos wenigstens im Beginn des Leidens schwächend verfahren, ist noch immer gross, obwohl hier heutzutage die ärztliche Welt im Ganzen besseren Grundsätzen huldigt als früher, oder als noch jetzt bei derBehandlung der Wüthenden und aufgeregten Irren im Schwunge sind.

Die specifischen Heilmittel, die bei Fallsucht eines besonderen Rufs sich erfreuen, sind sämmtlich von wenig eingreifender oder zerstörender Wirkung auf den Organismus, sie sind keineswegs aus der Reihe der Quecksilber-, Spiessglanz- oder Bleipräparate genommen, es sind milder wirkende Metalle: Silber und Zink, die sich vorzugsweise erprobten, der Beifuss und die Baldrianwurzel, und vor Allem eine gute, aber einfache und wohlgeleitete Ernährung und das „traitement moral". In letztere Kategorie scheinen uns, mag es auch sonderbar klingen, die meisten operativen Eingriffe zu gehören. Die Tracheotomie, die Unterbindung der Carotiden, das Aetzen des Pharynx und alle die chirurgischen Verfahrungsweisen, die sonst noch empfohlen und mit zeitweiligem oder dauerndem Erfolg versucht wurden, dürften wohl in den meisten Fällen aus denselben Gründen, welche der Anwendung jedes neuen und bisher unversuchten Heilmittels einigen Erfolg bei Fallsüchtigen verschaffen, nützlich werden.

Wenn die Carotis-Unterbindung oder Compression zuweilen Vortheil brachte, so ist damit nichts weniger als erwiesen, dass es der anämische Zustand des Gehirns gewesen, der in diesen Fällen hülfreich geworden. Abgesehen von dem eben berührten Einfluss solcher Eingriffe in den Organismus auf das Gemüth der Kranken, dürfen wir nicht ausser Acht lassen, dass jede Sperrung des Blutlaufs in einem Gefässrohr vermehrten Andrang des Bluts zu den Seitengefässen bedingt. Bei Personen, die sich noch einer hinreichenden Blutfülle erfreuen, muss die Verschliessung der Carotiden eine Wallung im Stromgebiete der Vertebrales veranlassen. Gesetzt nun, der fallsüchtige Anfall werde bei einem Individuum durch einen anämischen Zustand der hintern und excitabeln Gehirntheile, z. B. der

Medulla oblongata, welcher das übrige Gehirn erst in Mitleidenschaft zieht, ursprünglich hervorgerufen, so kann die Compression der Carotiden nicht durch die Anämie des Grosshirns, sondern durch die Hyperämie des Hinterhirns, welche sie setzt, Heil bringen. Dann ist auch wohl zu bedenken, dass jeder kurzdauernden Sperrung der Carotiden eine mächtige Wallung des Grosshirns auf dem Fusse nachfolgt. Bei der kurzen Dauer der Compression, wie sie gewöhnlich angewendet wird, ist schwer zu sagen, wie viel Antheil an etwaigen heilsamen Erfolgen der vorübergehenden Anämie oder der nachfolgenden Hyperämie des Gehirns zugeschrieben werden darf.

Begreiflicherweise sind wir nicht gesonnen, den Aderlass und magere Kost unter allen Umständen zu verwerfen. Es mögen seltene Fälle vorkommen, wo eine rasche Blutentziehung, namentlich aus der jugul. ext., nothwendig wird, um das Gehirn von erdrückender venöser Blutlast zu befreien, den Zutritt von arteriellem Blut zu erleichtern und den Ausgang in Schlagfluss zu verhüten. Und wo die Fallsucht in üppiger, schwelgerischer Lebensweise wurzelt, wird es immerdar gerathen sein, zu einer einfachen überzugehen.

VI.

Die rasche Unterbindung der Blutströmung zum Kopfe ruft bei verschiedenen Warmblütern und beim Menschen fallsuchtartige Zufälle hervor.

Wenn die rasche Unterbrechung der Zufuhr von rothem Blute zum Kopfe beim Kaninchen fallsuchtartige Zuckungen bedingt, so wird es bei der Uebereinstimmung der Warmblüter in den zwei wesentlich hierzu erforderlichen Bedingungen, einmal der Ernährung durch warmes, rothes Blut und zweitens der Fähigkeit in fallsuchtartige Zuckungen auszubrechen, in hohem Grade wahrscheinlich, dass sie sich gegen jenen Eingriff alle in gleicher Weise verhalten. Die Wahrscheinlichkeit ist um so grösser, weil, wie nachgewiesen ist, Vögel, Säugethiere und Menschen durch grosse Blutverluste bewusstlos werden und in allgemeine Zuckungen fallen, endlich weil für Säuge-

thiere und Menschen die Erfahrung gilt, dass sie nach starken Blutverlusten bei aufrechter Körperstellung leichter von Ohnmacht und Zuckungen ergriffen werden, als in der Rückenlage. Diese Thatsache erklärt sich nur aus der Annahme, dass bei aufrechter Stellung die geschwächte Kraft des Herzens nicht mehr ausreicht, das Blut seiner Schwere entgegen zum Kopf und Gehirn emporzutreiben. Der Mangel an rothem Blut im Gehirne führt hier allgemeine Zuckungen herbei, die meist augenblicklich wieder endigen, wenn der Körper in die wagerechte Lage verbracht oder der Kopf sogar tiefer als der Körper geneigt wird*). Bekanntlich beruht ein Hauptverdienst M. Hall's um die Heilkunst gerade auch darin, dass er auf diese Verhältnisse aufmerksam machte und eine wichtige praktische Regel für den Aderlass daraus ableitete. Man muss den Aderlass in der aufrechten Haltung, nicht in der liegenden, vornehmen, um raschere Erfolge auf das Nervensystem zu erzielen und den Kranken nicht allzuviel Blut zu entziehen. Es ist endlich eine alte Lehre, dass man Personen, die viel Blut verloren, eine wagerechte Lage mit tief liegendem Kopfe einnehmen lässt.

Wir besitzen aber auch eine Anzahl von Versuchen und Beobachtungen an Thieren und Menschen, welche direct beweisen, dass die Hemmung des Stromlaufs in den grossen Schlagadern des Halses nicht allein beim Kaninchen fallsuchtartige Zuckungen hervorruft.

Mayer**) sah bei einer Taube nach der gleichzeitigen Unterbindung der Carotiden und Flügelschlagadern den Tod unter Convulsionen und tetanischen Stössen, wobei die unterbundenen Gefässe zerrissen, eintreten.

Sehr berühmt geworden ist ein Versuch A. Cooper's. Er unterband einem Hunde beide Carotiden und Vertebrales. Das Thier

---

*) Vergl. hierüber: M. Hall, über Blutentz. S. 58 u. ff. — Burrows, Beob. über die Krankh. des cerebr. Blutkreislaufes, teutsch von Posner, 1847. S. 52; — und die Versuche von Kussmaul, in den Verhdl. der phys. med. Ges. zu Würzb, 1855. S. 37.

**) A. a. O. S. 719.

schien danach ohne Empfindung, wie berauscht, athmete schwer, die Pupillen waren erweitert, es fiel auf die Seite und hatte Zuckungen. Nach 2tägiger Betäubung und allgemeiner Lähmung erholte es sich und wurde ein guter Haushund, bis es A. Cooper nach 9 Monaten tödtete, um seine Schlagadern einzuspritzen. Zahl und Grösse der Anastomosen war ausserordentlich *).

Panum**) wiederholte den Versuch Cooper's und entdeckte einen Umstand, welcher erklärt, warum der Hund am Leben blieb. Nachdem Panum beide Carotiden und Vertebrales unmittelbar hintereinander zugeschnürt hatte, bekam der Hund Zuckungen und wurde ohnmächtig. Die Schleimhaut des Mundes war ziemlich bleich geworden. Nach einiger Zeit öffnete das Thier die Augen wieder und lag nun 4 Stunden lang ruhig, athmete sehr tief und langsam, aber regelmässig, und obgleich sehr matt, konnte es doch stehen, wenn man es aufhob. Dass das Gehirn noch reichliche Mengen Blutes enthielt, ging daraus hervor, dass aus einer Oeffnung, welche Panum einige Minuten nach der Zusammenschnürung in der einen Carotis über der Ligatur machte, ein so starker Blutstrom sich ergoss, dass er genöthigt wurde, schnell höher oben eine neue Ligatur anzulegen. Die Injection der Schlagadern des getödteten Thiers ergab, dass die Arteriæ vertebrales beim Hunde zwischen dem 2. und 3. Halswirbel sehr starke Zweige zum Rückenmark abgeben, die sich mit einander verbinden und einen gemeinschaftlichen Stamm bilden, der gegen das Hirn hinaufsteigend sich weiter oben abermals in zwei Zweige theilt, die zur Bildung der art. basilaris beitragen. So kann das Gehirn des Hundes nach der Unterbindung beider Carotiden und Vertebrales, wenn diese da, wo sie vom Kanale im Epistropheus aus in den Kanal im Atlas übertreten, gefasst werden (wie von Panum und wahrscheinlich von Cooper geschah), noch immer reichliche Mengen Blutes aufnehmen.

---

*) A. a. O. mit einer Abbildung der Anastomosen. S. 457.

**) Ueber den Tod durch Embolie. Zeitschr. für klin. Medizin von Günsburg, 1856. VII. Bd. S. 409.

Beim Pferde wird die art. basilaris nicht durch die Vereinigung der Wirbelschlagadern, sondern der arteriae occipitales im foramen magnum gebildet. Jene sind somit bei der Versorgung des Gehirns mit Nährsaft wenig betheiligt*). Sie treten zwar umfänglich in den Wirbelkanal ein, werden aber fadenförmig, ehe sie in die Schädelhöhle gelangen. Die Unterbindung der Carotiden beim Pferde muss somit leicht dieselben Folgen haben, wie die der Carotiden und Wirbelschlagadern beim Hunde und Kaninchen. In der That folgte bei einem Pferde, dem Mayer**) die Carotiden unterband, Schwäche des Auges, Schwindel, Zusammenfallen, wie vom Blitze getroffen, Schäumen, Convulsionen, Raserei und nach kurzem Tetanus der Tod 58 Minuten nach der Operation. Gleichen Erfolg scheint Jobert de Lamballe bei demselben Versuche beobachtet zu haben; leider konnte ich mir die Abhandlung, welche Norman Chevers***) anführt, nicht verschaffen. Wird aber beim Pferde die Unterbindung der einzelnen Gefässe innerhalb einer grösseren Zwischenzeit vorgenommen, so dass der Seitenkreislauf sich entwickeln kann, so erfolgt nicht immer tödtlicher Ausgang. Alessandrini†) unterband beide Carotiden binnen 36 Tagen; jeder Unterbindung gingen grosse Aderlässe voraus. Das Thier fiel nach der zweiten Unterbindung auf die Seite und zeigte Stupor, genas aber, ohne in Zuckungen zu fallen.

Was den Menschen betrifft, so besitzen wir unseres Wissens keine Erfahrungen über die gleichzeitige plötzliche Sperrung des Blutlaufs in den 4 grossen Arterien des Kopfes. Allmälige Verschliessung dieser Gefässe kann erfolgen ohne dass es zu Zuckungen kömmt.

---

*) Stannius, Lehrb. der vergl. Anat. der Wirbelthiere, 1846. S. 440.

**) A. a. O. S. 691.

***) Norman Chevers, Remarks on the effects of obliteration of the carotid arteries upon the cerebral circulation, in London med. Gaz. 1845. 31. Octobr. p. 1140—1151.

†) Schm. Jahrbr. 1840. Bd. 26, S. 322. Der Versuch über Unterbindung beider Carotiden beim Pferde von Rossi und Sessona in Canst. Jahresb. Ber. über Thierheilkunde von 1856, S. 7 ist unrein und hier nicht zu benützen. Sie unterbanden zugleich die rechte Jugularis.

Dies lehrt die merkwürdige Beobachtung Davy's*) von Verschliessung beider Carotiden und Schlüsselbeinschlagadern in Folge eines Aneurysma des Aortabogens bei einem 55 J. alten Offizier von Rang. Der Kranke litt an wiederholten Anfällen von Ohnmacht und Schwindel, die später seltner wurden, während nunmehr der Puls am Hals, den Schläfen, Achselhöhlen und Armen nicht mehr gefühlt werden konnte. 15 Monate später starb der Kranke plötzlich auf einer Reise, in Folge von Zerreissung der Aorta an der Basis. Alle grossen Gefässe, die aus den Aortabogen entspringen, waren an ihrer Ursprungsstelle verschlossen, die Intercostalarterien erweitert, die Seitenströmung musste durch diese und die art. mammaria interna hergestellt worden sein. — Schade, dass wir über die Erscheinungen, welche ein von dem Amerikaner Darrach secirter Mensch zu Lebzeiten gezeigt hatte, Nichts wissen. Hier fanden sich ebenfalls in Folge eines Aneurysma der truncus anonymus und die linke Carotis geschlossen**).

Wir kennen beim Menschen nur Fälle von rascher theilweiser Unterbrechung des Stromlaufs im Kopfe, wie sie die Compression oder Unterbindung der grossen Schlagadern des Halses und die Verschliessung grosser Gehirnarterien durch Pfröpfe, namentlich eingewanderte, bedingen.

Die rasche Sperrung des Blutstromes in den Carotiden des Menschen muss bei der grösseren Entwickelung des menschlichen Grosshirns, das von ihnen vorzugsweise versorgt wird, mächtigere Wirkungen haben, als beim Hund oder gar beim Kaninchen. Dies wird durch die Ergebnisse der Compressionsversuche der Carotiden beim Menschen, und der Unterbindung der Carotiden bei Menschen und Thieren, wie sie so vielfältig von Physiologen und Chirurgen seit den ältesten Zeiten angestellt wurden, bestätigt. Wir verweisen auf die sorgfältige Geschichte dieser Versuche in der kritischen Abhandlung von Norman Chevers, ohne uns hier auf die Carotiden-Unter-

*) Bei N. Chevers, S. 1144.

**) Gerson u. Julius Magazin. Bd. 14. S. 338 mit einer Abbildung des Präparates.

bindungen, die an Thieren gemacht wurden, näher einzulassen*). Nur sei uns die Bemerkung erlaubt, dass Norman Chevers, wahrscheinlich weil er selbst derartige Versuche nicht angestellt hat, sich die Widersprüche der Experimentatoren nicht recht zu erklären wusste. Mayer sah nämlich viel häufiger gefährliche Zufälle eintreten, als Bichat, Cooper, Jobert und Miller. Dies rührt aber einfach davon her, dass Mayer nicht scharf unterschied zwischen den Folgen der Sperrung des Blutstroms und den Folgen des operativen Eingriffes. Während jene, wie wir nach vielfältigen Erfahrungen versichern können, beim Kaninchen immer sehr gering sind, können diese häufig sehr bedeutend ausfallen, wenn sich Vereiterung des Zellgewebes, Pyämie, Entzündung des Vagus, Sperrung des venösen Stromlaufs durch die Entzündungsgeschwulst hinzugesellen. Dann freilich treten Betäubung, Schwäche, Zuckungen u. s. w. ein, diese Erscheinungen dürfen aber nicht der abgeschnittenen Zufuhr von rothem Blute zur Last gelegt werden. Gar viel kömmt für den Ausgang darauf an, ob man die Thiere in reinlichen, geräumigen Ställen aufbewahrt, oder eng zusammenpfercht, ob man die Wunde zunäht oder nicht, und was derlei Umstände mehr sind. Die blutige Naht giebt z. B. bei Kaninchen gern zu reichlichen Ansammlungen eingedickten Eiters unter der Haut Veranlassung, wodurch dann wieder gefährlicher Druck auf die Nerven und Venen verursacht wird.

Dass die Compression der menschlichen Carotiden sofort Betäubung und schlagähnliches Zusammensinken verursache, wusste man bereits vor Galen. Wir entnehmen aus Chevers' Mittheilungen, dass schon Rufus von Ephesus behauptet habe, das Wort Carotis verdanke dieser Erfahrung seinen Ursprung. „Arterias per collum subeuntes carotides, i. e. somniferas**) antiquos nominasse, quoniam

---

*) Die wichtigsten Versuche wurden angestellt von Bichat, Mayer, A. Cooper, Jobert und Miller. (Die des letztern finden sich in der Gaz. méd. 1843. p. 107.) — Vgl. auch die Ergebnisse der Unterbindung beider Carotiden an 19 Kaninchen bei Kussmaul a. a. O.

**) Ein Philolog hatte die Gefälligkeit, uns folgende etymologische Zusammen-

compressæ hominem sopore gravabant vocemque adimebant.“ Auch erzählt Chevers, dass Columbus von Pisa i. J. 1554 in einer grossen Gesellschaft einen jungen Mann zum allgemeinen Entsetzen und zur eignen Belustigung durch dieses Mittel habe plötzlich zusammenstürzen machen, vorgebend, er wirke durch Bezauberung.

In diesem Jahrhundert wurde die Compression der Carotiden durch Caleb Parry als Heilmittel eingeführt und vielfach in Anwendung gebracht. Die ausführlichsten Mittheilungen über diesen Gegenstand verdanken wir dem trefflichen Jacobi in Siegburg*). Es war uns nun auffallend, dass weder Jacobi, obwohl er einige hundert Versuche angestellt zu haben versichert, noch die zahlreichen andern Schriftsteller, welche die Compression vornahmen, Trousseau, Blaud, Dezeimeris, L'Allier, Stroehlin, Romberg, Fleming und einige Andere, die wir verglichen haben, krampfhafter Zufälle im Gefolge derselben Erwähnung thun. Jacobi giebt an, dass in der Regel Verdunklung des Gesichtes, Schwindel, Betäubung, Schwäche der Beine, taumelndes Umherstolpern, Ohnmacht, Bewusstlosigkeit, plötzliches schlagartiges Zusammensinken beobachtet wurden. Damit stimmen die Erzählungen der Andern überein. Es war uns unwahrscheinlich, dass sich die Erfolge in allen Fällen auf diese Vorläufer der Epilepsie beschränken und niemals Zuckungen eintreten sollten. Neue Versuche erschienen deshalb nothwendig. Wir theilen die Ergebnisse von einigen solchen mit, wo bei 6 männlichen, erwachsenen Personen die Compression auf beiden Seiten gelang. Bei allen ohne Ausnahme erblasste das Gesicht. Sie machten zuerst krampfhafte Versuche, die Augenlieder zu schliessen, bei vieren verengten sich Anfangs die Pupillen, bei Allen erweiterten sie sich ausnahmslos beträchtlich. Die anfängliche Verengung fiel in zwei Fällen sehr

---

stellung mitzutheilen: ἡ καρωτίς, die Kopfschlagader — τὸ u. ὁ κάρος (wohl nicht mit κάρη zusammenhängend) tiefer Schlaf — καρόω, οῦν in κάρος versetzen, betäuben — κάρωσις, ἡ; Schlagfluss — καρωτίς, die den Schlagfluss verursacht.

*) S. dessen berühmtes Werk: M. Jacobi, die Seelenstörungen in ihren Beziehungen zur Heilkunde, I. S. 379—388.

bedeutend aus. Die Versuche waren bei halbverschlossenen Fensterläden in mässig verdunkeltem Zimmer vorgenommen worden; trotzdem wurden hier die Pupillen auffallend enge, selbst enger als nachher beim Wiedereindringen des grell einfallenden Tageslichtes. Mit der Erweiterung der Pupillen, in einem Falle schon während ihrer Verengung, wurde der Athem langsam, tief und seufzend. Dann erfolgte bald Schwindel, Schwanken, Bewusstlosigkeit und die Personen drohten von den Stühlen zu stürzen, worauf sie sassen, wenn man sie nicht mit den Armen aufgefangen hätte. Bei zweien, es waren geistesschwache und ziemlich blutarme Individuen, wo die Compression trotzdem nicht aufgehoben wurde, traten Würgen, Brechbewegungen und allgemeine Zuckungen ein, die jedoch keinen hohen Grad erreichten, da die Compression sogleich wieder aufgehoben wurde, worauf sie binnen wenigen Secunden wieder verschwanden. Vor dem Eintritt der allgemeinen Krämpfe zuckten in einem Falle die Wangenmuskeln.

Mit der Entfernung der Daumen vom Halse rötheten sich die Gesichter von heftiger Wallung lebhaft, nässten die Augen und wurden die Pupillen noch weiter. Das Bewusstsein und das Willensvermögen kehrten nicht augenblicklich, sondern erst in wenigen Sekunden zurück, während sich die Röthe des Gesichts allgemach wieder verlor. Die ersten Athemzüge beim Wiedereinströmen des Blutes waren ausnehmend tief. — Nachtheilige Folgen für den ferneren Zustand dieser Personen traten nicht ein.

Somit ist sicher gestellt, dass die Compression beider Carotiden beim Menschen Bewusstlosigkeit, Pupillenerweiterung, Verlangsamung des Athems und allgemeine Zuckungen, kurz, alle Erscheinungen eines leichteren epileptischen Anfalles hervorrufen kann. Mag dies auch nur zuweilen glücken, so ist eben wohl zu bedenken, dass durch die Schliessung der Carotiden keine vollständige Absperrung des rothen Blutes vom Gehirn erzielt und dass dieser Eingriff durch die seitliche Wallung zu den Wirbelschlagadern theilweise ausgeglichen wird. Immerhin wächst damit die Wahrscheinlichkeit, dass der Mensch, der sich gegen Blutverluste verhält, wie andere Warmblüter,

sich auch gegen die plötzliche Sperrung der gesammten Blutzufuhr zum Kopfe gleich verhalte, d. h. dass er, wenn die Kräfte nicht allzusehr erschöpft sind und die Ernährungsverhältnisse des Nervensystems von der Regel nicht abweichen, bei gleichzeitiger Verschliessung aller Schlagaderstämme des Kopfes ebenso ausnahmslos in fallsuchtartige Zuckungen versinke, wie für das Kaninchen mit Bestimmtheit nachgewiesen ist.

Die Unterbindung einer carotis communis des Menschen ist seit dem ersten Jahrzehent dieses Jahrhunderts, wo sie Abernethy (1803)*) Fleming, Lynn u. A. bei Verletzungen, A. Cooper beim Aneurysma (1805) zuerst unternahmen, sehr häufig**) gemacht worden, seltner die nacheinanderfolgende***) beider gemeinschaftlichen Carotiden und die des Truncus anonymus†), nur einmal die der Vertebralis (Maisonneuve, 1853). Von den zahlreichen Fällen, die uns zur Vergleichung zugänglich waren, finden wir leider die allerwenigsten mit grösserer Genauigkeit mitgetheilt und insbesondere bei den tödtlich verlaufenen lässt der Leichenbefund, namentlich die Beschreibung der anatom. Gehirnveränderungen ausnehmend viel zu wünschen

---

*) Hebenstreit erzählt schon früher von einer glücklichen Unterbindung der Carotis communis wegen Verletzung derselben bei Exstirpation einer scirrhösen Geschwulst. Vgl. Hasse in Rust's Handb. Bd. II. p. 66. u. Velpeau a. u. a. O. p. 230.

**) Velpeau kannte schon 1832, vgl s. Elém. de médec. opératoire, 60 Fälle von Unterbindung der Carotis comm., darunter mindestens 40 von gutem Erfolg. 1839 zählte er in der 2. Ausgabe dess. Werkes, T. II. p. 232, 150 auf, von denen 80 einen glücklichen Ausgang hatten.

***) Mott soll nach N. Chevers die gleichzeitige Unterbindung beider Carotiden mit tödtlichem Ausgang in 24 Stunden gemacht haben. Näheres ist leider nicht mitgetheilt, nicht einmal die Quelle, woher die Angabe stammt. Auch Langenbeck soll nach Chevers die gleichzeitige Unterbindung beider Carotiden mit tödtlichem Ausgange vorgenommen haben. Hier findet eine Verwechselung mit dem tödtlich verlaufenen Falle von Unterbindung einer Carotis durch Langenbeck statt, von dem später die Rede sein soll.

†) Sie wurde 10 Mal an lebenden Menschen, immer mit tödtlichem Erfolge, ausgeführt.

übrig. Die nachfolgende Uebersicht der Zufälle, welche diese Operationen hervorriefen, macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wir beabsichtigen nur, ein Bild in Umrissen zu entwerfen, wozu die Zahl der sorgfältiger verglichenen Fälle (mehr als 100) hinreichen dürfte.

Zuweilen erfolgten nach der Unterbindung einer Carotis oder des truncus anonymus oder der successiven beider Carotiden keinerlei Störungen des Gehirnlebens, öfter aber rasch hernach erschwertes, tiefes, selbst rasselndes Athmen, krampfhafte Hustenanfälle, Kopfschmerz oder auch Nachlass vorher zugegen gewesenen Kopfschmerzes, Zahnschmerz (Dupuytren*), Malgaigne**), Aufhebung des Sehvermögens in dem Auge der operirten Seite, Schwindel, Betäubung, Unempfindlichkeit, Verlust des Bewusstseins, der Sprache (Horner), der freien Muskelbewegung überhaupt, Schlingbeschwerden, Uebelkeit, Erbrechen (Lambert), Ohnmacht, Coma.

Diese Ohnmacht ging zuweilen unmittelbar in Tod über, ohne dass Zuckungen eintraten.

Aston Key***) unterband bei einer an aneurysma trunci anonymi leidenden 61 J. alten Frau die rechte carotis communis. Etwa 1½ Stunden nach der Operation schien die Frau ruhig zu schlafen, die Athmung war schnarchend, wurde immer schwächer, und bald, gerade 4 Std. nach der Operation, erfolgte der Tod. — Bei der Section ergab sich, dass die Oeffnung der linken Carotis am Bogen der Aorta fest geschlossen war, auch die Wirbelschlagadern waren enger als gewöhnlich. Die Gehirnsubstanz war gesund, die Hirngefässe zeigten keine krankhafte Beschaffenheit und enthielten die gewöhnliche Blutmenge; zwischen den Häuten fand sich eine geringe Menge seröser Ergiessung. Ueber die Beschaffenheit der Lungen wird leider nichts mitgetheilt. Wenn der Tod nicht von diesem Organe aus erfolgte, durch Störung und Stockung im Blutlauf, Oedem und Er-

*) Rust's Magazin. Bd. 7. S. 761.

**) S. u.

***) Med. Gaz. Vol. VI. p. 703. Burrows, a. a. O. S. 56.

stickung, wodurch bei Kaninchen häufig und wohl auch zuweilen beim Menschen (Hall*) die Unterbindung des Truncus anonymus tödtlich wird**) so ist er vom Gehirn ausgegangen, zu dessen Ernährung die Blutmenge, die hier von den beiden verengten Wirbelschlagadern allein zugeführt wurde, nicht ausreichte. Man dürfte sich hierbei durch die Angabe, dass die Gehirngefässe „die gewöhnliche Blutmenge" enthalten haben, nicht irre machen lassen. Die Gefässe, welche in den Leichen die gewöhnliche Blutmenge enthalten, sind die Venen. Die Arterien sind in der Regel, die kleineren Zweige ganz, die grösseren gröstentheils entleert und über die in ihnen zu Lebzeiten vorhanden gewesene Blutmenge giebt die Section kaum jemals sicheren Aufschluss. Wir werden über diese Verhältnisse bald genauer handeln. Es früge sich dann nur, warum trotz der tödtlich gewordenen Minderung der Blutmasse des Gehirns keine Zuckungen eintraten. Der Grund wäre unschwer in der Betagtheit***) und geschwächten Natur der Operirten zu suchen.

Aehnlich erfolgte der tödtliche Ausgang in einem Falle, wo Langenbeck†) zuerst wegen Kropf die rechte Art. thyreoidea und 11 Tage später wegen wiederholter heftiger Blutungen aus der Wunde

---

*) Bei Velpeau, a. a. O. S. 247. In den Fällen von Mott, Graefe, Blaud, Lizars gingen die Operirten an Blutungen zu Grunde.

**) Unsere zahlreichen Versuche an Kaninchen gaben uns die Ueberzeugung, dass die Gefahr der Lungenhyperämie, des Lungenödems und der Erstickung bei Unterbindung des Truncus anonymus wächst mit dem Blutreichthum. Würde man aber zur Vermeidung dieser Gefahr der Operation Aderlässe vorausschicken, so drohte bei Ueberschreitung des richtigen Maasses Gefahr vom Gehirne her, dessen Ernährung durch die absolute Verringerung der Blutmenge des Individuums einerseits und durch die Schliessung so grosser zuführender Gefässe andererseits zwiefach beeinträchtigt würde. Man hüte sich darum bei Unterbindung der Carotiden des Menschen vor allzugrossen Aderlässen, wie sie bei Engländern und Franzosen im Brauch.

***) Dass auch hochbetagte Personen zuweilen die Ligatur einer Carotis gut ertragen, lehrt einer der Fälle aus Wardrop's Praxis, wo sie bei einer 78 Jahre alten Frau unterbunden wurde, ohne dass bedenkliche Zufälle eingetreten wären.

†) Langenbeck, neue Bibl. Bd. 4. St. 3. p. 586.

die rechte Carotis unterbunden hatte, 34 Stunden hernach unter röchelndem Athmen und Stupor ohne Zuckungen. Bei der Section erschien der rechte Grosshirnlappen blutarm und auf der Oberfläche mit Exsudat (Serum?) belegt, während der linke Grosshirnlappen von Blut strotzte. Im rechten Ventrikel fand sich etwas Exsudat (Serum?), im linken nicht. — Vielleicht hat hier die bedeutende Abschwächung des Operirten in Folge der vorausgegangenen wiederholten und heftigen Blutungen das Gehirn in einen Zustand versetzt, welcher die Unterbindung auch nur einer Carotis todtbringend machte*).

Häufig erfolgte nach Unterbindung einer Carotis früher oder später Lähmung der entgegengesetzten Seite. Starben die Leidenden, so fand man bei hinreichend langer Dauer der Blutabsperrung Erweichung der betroffenen Gehirnhälfte.

Diesen Ausgang in Lähmung nahm der erste Fall von A. Cooper**). Bei dem 44 J. alten Weibe wurde 7 Tage nach der Unterbindung der rechten Carotis die linke Seite gelähmt. Die Kranke starb am 21. Tage. Der Schädel durfte nicht geöffnet werden.

Gundelach Möller in Kopenhagen ***) unterband bei einem 4½ J. alten Kinde beide Carotiden wegen Teleangiektasie der Nase in Zwischenzeit von 4 Monaten. Bald nach der ersten Unterbindung wurde die entgegengesetzte Seite gelähmt. Nach der Unterbindung der andern Carotis erfolgte zwar Erbrechen und Coma, aber wahrscheinlich nicht in Folge der Operation, denn es brach zugleich

---

*) Dupuytren[1]) und Velpeau[2]) sind Operirte, denen die Carotis unterbunden worden, (der von D. am 6. Tage) in Schwächezuständen, wahrscheinlich an Pyaemie, gestorben. Diese Fälle gehören nicht hieher, so wenig, als die zahlreichen, wo der Tod durch Blutungen, Verjauchung (Travers), hartnäckiges Erbrechen (Syme in Arch. génér. 4e série I. 481.), Pleuritis (Maclachlan) u. s. w. herbeigeführt wurde.

[1]) Sédillot, Obs. de ligat. de la carot. Gaz. méd. 1842. p. 567. und Longet, Anat. u. Phys. des Nervensyst. Uebers. v. Hein, 1847. I. p. 646.

[2]) Velpeau, l. c. p. 239.

**) Med. chir. Transact. Vol. I. p. 1.

***) Gers. u. Jul. Magaz. Bd. 51. 1838. H. 3.

Scharlach aus, der im Hospital, wo das Kind lag, herrschte. Trotzdem kam es mit dem Leben davon, die gelähmte Seite aber lernte es nur unvollkommen gebrauchen.

Dohlhoff *) beobachtete zwei Fälle, die tödtlich verliefen und zur Section kamen. Im ersten, wo die Unterbindung wegen Markschwamms des Oberkiefers vorgenommen wurde, trat bei dem 49 J. alten Manne nach 8 Tagen Lähmung der entgegengesetzten Seite und der Harnblase ein. Die entsprechende Grosshirnhalbkugel war erweicht, das übrige Gehirn mit Blut erfüllt. — Im andern, bei einem 51 J. alten Weibe, trat die Lähmung der entgegengesetzten Seite mit Störung des Bewustseins 5, der Tod 7 Tage nach der Operation ein. Die Theile in der Schädelhöhle waren mit Blut überfüllt, ein Unterschied zwischen linker und rechter Hirnhälfte fand nicht statt.

Herbert Mayo**) unterband bei einem Manne wegen Verletzung der rechten Carotis ext. die Car. communis und da nun die Car. an der Unterbindungsstelle verschwärte und blutete, weiter unten nochmals. Darnach erfolgte ein Gefühl der Erstarrung in der linken Körperhälfte, welches mit Lähmung und Tod endete. Die rechte Grosshirnhalbkugel wurde erweicht gefunden und zwischen ihrer arachnoidea und pia mater fand sich eine dicke Lage von Lymphe.

Textor***) sah ebenfalls Lähmung der andern Seite und Tod eintreten. Bei der Section fand man das Centrum semiovale auf der Seite der unterbundenen Carotis vereitert.

Sédillot†) unterband bei einem Manne die rechte Car. comm. wegen heftiger Blutung. 3 Stunden hernach war die linke Seite des Körpers und die rechte des Gesichts gelähmt, die Intelligenz nahezu

---

*) Rust's Magaz. Bd. 51. 1838. H. 3.

**) Gers. u. Jul. Magaz. N. Folge. Bd. 8. S. 82.

***) Chiron. B. 2. St. 2. Aus Langenbeck Nosol. der chir. Krankh. Bd. V. S. 445.

†) Gaz. méd. 1842. p. 567.

HARVARD UNIVERSITY
SCHOOL OF MEDICINE AND PUBLIC HEALTH
LIBRARY

vernichtet. Tod am 9. Tage. Die 3 Lappen der rechten Hälfte des Grosshirns erweicht.

Aehnliche Fälle haben nach Norman Chevers beobachtet: Fairfax, Girdwood, Macaulay, Vincent, Barovero *). Hemiplegie mit tödtlichem Ausgang sah ferner Velpeau (l. c. t. II. p. 225) und Hirnerweichung nach Unterbindung der Carotis Chapel, laut Sitzungsber. der Acad. de méd. v. 28. Oct. 1851 **).

Hier reihen sich an die zahlreichen Fälle von plötzlicher oder rascher Verschliessung des Truncus innom., der Carotis comm. oder interna, insbesondere aber des Ramus Sylvianus durch eingewanderte oder autochthone Pfröpfe unter den Erscheinungen des Hirnschlags mit nachfolgender Lähmung der entgegengesetzten Körperhälfte und Erweichung einer Grosshirnhälfte in grösserem oder geringerem Umfange ***).

Zweimal, unseres Wissens, wurden nach Unterbindung einer Carotis neben Lähmung der entgegengesetzten Seite Zuckungen auf der Seite der Unterbindung beobachtet, Symptome, wie man sie öfter bei Blutergiessungen in eine Gehirnhälfte wahrnimmt.

Ein 48 J. alter Mann, dem Vincent†) wegen eines Aneurysma die rechte Carotis unterband, wurde 1½ Stunden darnach von Convulsionen derselben Seite befallen, er sank in Betäubung und wurde

---

*) B. hatte übrigens Carotis u. Vena jugul. int. zugleich unterbunden.

**) Arch. génér. p. 355.

***) Vgl. Norman Chevers, a. a. O. S. 1146, Nr. 1 u. 1147 Nr. 2. Hasse in Henle u. Pfeufer, Zeitschr. 1848. Virchow, Gesammelte Abhandl. zur wissensch. Medizin (Thrombose und Embolie). Kirkes, med. chir. Transact. 1852. Vol. 35. p. 281. Rühle Arch. für path. Anat. V. S. 189. Burrows, med. Times 1853. Febr. Bierck, Du ramolissement cérebral. Thèse inaug. Strasb. 1853. Traube, Deutsche Klinik 1854. 4. Quartal. Unter den 17 von uns verglichenen in diesen Schriften aufgeführten Fällen von Thrombose findet sich nicht einer, wo gleichzeitig Convulsionen beobachtet worden wären, einen zweifelhaften von Burrows ausgenommen, wo sich bei einem mit Herzleiden behafteten Mädchen von 18 J., das sich bei der Veröffentlichung noch in Behandlung befand, Hemiplegia in Verbindung mit Chorea zeigte.

†) Medico-chirurg. Transact. Vol. 19.

auf der linken Seite gelähmt. Man entzog ihm in den drei ersten Tagen 62 Unzen Blutes. Trotzdem dauerten die Zuckungen fort und erloschen erst 2 Tage vor dem Tode, welcher am 7. Tage nach der Operation erfolgte. Die rechte Grosshirnhalbkugel war rahmartig erweicht, ihre Venen waren weniger angefüllt, als die der linken. Diese zeigte Blutpunkte. In den Hirnkammern war etwas mehr Serum als gewöhnlich. Kleinhirn gesund.

Ein 28 J. alter Mann hatte sich die Mundspitze einer irdenen Tabakspfeife durch die Zungenwurzel in die Theilungsstelle der rechten Carotis gestossen. Sie brach ab, blieb stecken, veranlasste Verpfropfung, Geschwulst und 7 Tage hernach heftige Blutung. Vincent*) unterband die Carotis. Schon während der Operation wurden Zuckungen der rechten und Lähmung der linken Seite bemerkt. Diese Erscheinungen währten bis zu seinem Tode, 5 Tage nach der Operation fort, nur wurden die Zuckungen immer schwächer. Der Kranke verlor bis an's Ende zuweilen Blut aus Mund und Nase. — Der Hals war in der Umgebung der Theilungsstelle der Carotis angeschwollen, es fanden sich hier Blut- und Eiterergüsse, die Drosselvene war bis auf ein Drittheil ihres Umfangs verschlossen. Der Sinus longitudinalis enthielt wenig Blut. Die Gehirnvenen waren nur theilweise mit Blut angefüllt, die Arachnoidea getrübt und wässerig, die Windungen der rechten Grosshirnhalbkugel abgeflacht und erweicht. Diese enthielt unregelmässige Höhlen mit aschfarbener Ergiessung und grünlichen Fetzen. Eine der Höhlen mass 2 Zoll im Durchmesser und erstreckte sich in das Corpus striatum derselben Seite.

Es darf wohl behauptet werden, dass die einseitigen Zuckungen in diesèn beiden Fällen nicht von einer Hyperämie der Grosshirnhalbkugel der andern Seite herrührten. Trotz der grossen Aderlässe im ersten Falle währten die Zuckungen fort, trotz der starken Blutverluste im zweiten traten sie ein und dauerten sie an. — Auch sprechen die Leichenbefunde gegen diese Annahme; reichlicher Wasser-

*) Ebenda.

gehalt der Gehirnhöhlen und Häute verträgt sich mit Blutüberfüllung nicht wohl. Freilich lässt sich deshalb noch keineswegs mit Bestimmtheit die gegentheilige Ansicht verfechten, dass diese Zukkungen eben so wie die Lähmung durch Oligämie bedingt worden seien. Bescheiden wir uns mit dem Eingeständniss unserer Unfähigkeit nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft die Frage, wovon die gleichzeitigen Zuckungen in diesen Fällen und bei Blutergiessungen in eine Grosshirnhalbkugel herrühren, zur Entscheidung zu bringen *).

Selten wurden allgemeine Zuckungen nach der Unterbindung der Carotis beobachtet.

So in dem Falle, wo Abernethy **) die Operation wegen heftiger Blutung aus der zerrissenen linken Carotis vornahm. Eine Kuh hatte mit dem Horn einem Manne einen heftigen Stoss in den Nacken versetzt. In den ersten Stunden nach der Operation war der Kranke ruhig und verständig. Dann erfolgten Fieber, Delirium und wiederholte Anfälle von Zuckungen, stärker auf der linken, als auf der rechten Seite. Später wurde die rechte gelähmt, während die linke fortzuckte. Nach einem schweren Krampfanfall starb der Operirte 30 Stunden nach der Unterbindung. Die Pia mater war injicirt, Serum zwischen Pia mater und Arachnoidea ergossen, das Gehirn zeigte Spuren von Entzündung (?), seine Gefässe waren mässig angefüllt („full, but not turgid").

Zweifelhaft ist, ob der Fall von Zeis ***) hierher gehört. Bei einem 1½ J. alten Kinde, dem er wegen Teleangiektasie des linken Ohrs die linke Carotis unterbunden hatte, traten nach 9 Wochen während des Zahnens plötzlich Krämpfe ein und die Gliedmassen der rechten Seite wurden gelähmt. Das Kind magerte ab. Mehrere Tage vor dem Tode, 16 Wochen nach der Operation, waren

*) Auch die Erklärungsversuche Brown-Séquard's (Experim. and clinic. researches on the physiol. and pathol. of the spinal cord, p. 64.) scheinen uns die Sache nicht aufzuhellen.

**) Surgical observations, p. 193.

***) Hamb. Zeitschr. für die ges. Medizin. 1836. Bd. III. S. 9.

die Gliedmassen rechterseits bald durch Krämpfe der Streckmuskeln ganz steif, bald durch solche der Beugemuskeln krumm gezogen, die Teleangiektasie bei dem höchsten Grade der Abmagerung ganz verschwunden. Die Section wurde nicht gestattet.

Bei einem 18 J. alten Mädchen, welchem Sykes*) eine Carotis comm. unterband, brachen am Abend hysterische Krämpfe aus und am folgenden Tage litt es an heftigem Kopfschmerz mit Angst und Unruhe.

Ein Fall, wo bei einem Mädchen von 25 J. Anfälle von vollkommen epileptischem Charakter eintraten, ist von Magendie im Journ. de Physiol. veröffentlicht worden**). Nach einer Vorbereitungskur von 14 Tagen mit Fasten und Aderlass wurde wegen einer ungeheuren Geschwulst der linken Kieferhöhle die linke Carotis unterbunden. Gleich nach der Unterbindung befand die Operirte sich wohl. Später Zahnschmerz, Kopfschmerz, Dyspnoe, Aderlass von 24 Unzen. Eine Stunde später Ohnmacht. Am 6. Tage wiederholte Ohnmachten mit vollkommener Aufhebung des Bewusstseins; der rechte Arm wird gelähmt, der linke theilweise; Unvermögen zu schlingen und zu sprechen; nach einigen Stunden ein epileptischer Anfall mit rückwärts gebogenem Kopfe, ausserordentlich erweiterter Pupille, Speichel vor dem Munde, aufgehobenem Bewusstsein. Endlich erholte sie sich. Nur allmälig lernte sie wieder verständlich sprechen. Erst in 3 Monaten lernte sie den rechten Arm wieder etwas bewegen.

Wattmann***) sah bei einem 55 J. alten Bauer, dem er wegen Entartung der Unterkieferspeicheldrüse die rechte Carotis unterband, gleich nach der Operation einige krampfhafte Regungen des ganzen Körpers, welche bald vorüber gingen. Am folgenden Tage Delirien und Lähmung der linken Körperhälfte, 3 Aderlässe zu 6 Unz. Der Operirte starb. Angaben über die Zeit des Todes und Sectionsbefund fehlen.

---

*) Fror. Notizen. 1824.

**) Jul. u. Gers. Magazin, Bd. 16. S. 93.

***) Salzb. med. chir. Zeitg. 1852. S. 32.

Kuhl *) endlich unterband bei einem kräftigen Manne von 53 J. wegen eines ausgedehnten Aneurysma der linken Occipitalis und ihrer Zweige die linke Car. comm. Der Operirte wurde sogleich von Ohnmacht und Zuckungen befallen und musste in einem Zustande von Unempfindlichkeit zu Bette gebracht werden. 41 Tage hernach wurde wegen heftiger Blutungen aus der Geschwulst die Unterbindung der andern Carotis nothwendig, was Blässe des Gesichtes und leichte Zuckungen zur Folge hatte. In der Nacht ruhiger Schlaf, ein- oder zweimal unterbrochen von krampfhaften Bewegungen des rechten Arms. Am andern Tag Eingenommenheit des Kopfs, Klagen über schmerzhafte, krampfhafte Bewegung im rechten Arm und undeutliches Sehen. Die Genesung, durch Blutungen und Eiterung verzögert, erfolgte vollständig 15 Wochen nach der zweiten Operation.

Die Unterbindung der Carotis comm. beim Menschen kann somit ebensowohl Lähmung als Zuckung zur Folge haben. Beide sind bald halbseitig, bald allgemein. Die halbseitigen Lähmungen sind, was die Gliedmassen betrifft, gekreuzt, was das Gesicht anlangt, wenn die Beobachtung von Sédillot richtig, zuweilen gleichseitig, meist gekreuzt. Die allgemeinen Lähmungen geben sich kund als Ohnmacht, Coma, oder aber es wird, wie in dem Fall von Magendie, der Arm der entgegengesetzten Seite vollständig, der auf derselben Seite nur theilweise gelähmt.

Die Lähmung geht den Zuckungen voraus, begleitet sie oder folgt nach. Die halbseitigen Zuckungen sind gleichseitige. Die allgemeinen können vollkommen den Charakter epileptischer Anfälle zeigen, wie dies die Erfahrungen von Magendie und Kuhl über allen Zweifel erheben, sie können sogleich nach der Unterbindung (Wattmann, Kuhl), oder aber erst Stunden und Tage nachher (Abernethy, Magendie) eintreten.

Der Eintritt fallsuchtartiger Zuckungen gleich nach der Unterbindung einer Carotis ist somit immerhin eine grosse Seltenheit,

*) N. Chevers, l. c. S. 1145. Leider konnte ich mir das Original nicht verschaffen.

während überwiegend häufiger Ohnmacht und halbseitige gekreuzte Lähmung erfolgen. Die Section ergiebt als Ursache dieser Lähmung Blutleere und Erweichung der Grosshirnhalbkugel auf der Seite der unterbundenen Carotis in grösserem oder geringerem Umfange, und ebenso wurde in allen uns bekannt gewordenen Fällen von Verpfropfung der Carotis interna oder des Ramus Sylvianus mit nachfolgender Erweichung einer ganzen Grosshirnhalbkugel oder grosser Abschnitte derselben sammt Seh- und Streifenhügeln schlagartig eintretende halbseitige Lähmung ohne Zuckungen beobachtet. Hieraus ergiebt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass fallsuchtartige Zuckungen beim Menschen nur dann eintreten, wenn das Grosshirn nicht allein, sondern auch einige oder alle hinter den Sehhügeln liegende Gehirnbezirke rasch ihres Blutes in zureichender Menge beraubt werden, dass aber das den Anfall ankündende schlagartige Zusammensinken, die Bewusstlosigkeit und Unempfindlichkeit von dem Grosshirn ausgehen.

VII.

Die Unterbrechung des Blutstroms in den grossen Schlagadern des Halses bedingt arterielle Anämie des Gehirns, diese die Zuckungen.

Der Streit, ob die Blutmasse des Gehirns überhaupt einer Verringerung fähig sei, oder ob der Schädel „als eine geschlossene unbewegliche Kapsel mit constantem Raumverhältniss“ stets eine gewisse, gleiche Menge von Blut zurückhalte, kann durch das berühmte Experiment von Donders *) als entschieden betrachtet werden **). Er setzte in die Trepanationsöffnung des Schädels eines Kaninchens ein Glasstück luftdicht ein und beschenkte die Physiologie mit einem Verfahren, was den anschaulichsten Nachweis von der Möglichkeit

*) Ausführl. mitgeth. in Schm. Jahrb. 1851. Bd. 69.

**) Vgl. Virchow, Handb. der Path. Bd. I. S. 111.

eines Wechsels der Gefässlichtung in Gehirnhäuten und Gehirn liefert.

Es führt kein anderer Weg mit gleicher Sicherheit zur Erkenntniss der Strömungsvorgänge innerhalb des Schädels. Die Ergebnisse des Leichenbefundes bieten, wie wir dies im nächsten Abschnitte entwickeln werden, eine reiche Quelle grober Täuschungen. Wollten wir darum Gewissheit haben, ob die gleichzeitige Unterbindung der Carotiden und Wirbelschlagadern eine arterielle Anämie des Gehirns nach sich ziehe, so blieb uns nichts übrig, als nach Donders' Vorgange zu verfahren.

Dabei zeigte sich aber eine unerwartete Schwierigkeit. Die Kittmittel, welche Donders zur luftdichten Einfügung des Glasplättchens in die Trepanationswunde empfiehlt, Gummi arabicum und Collodium, liessen uns völlig im Stiche und es scheint uns, Donders dürfe von Glück sagen, dass der Versuch in der von ihm mitgetheilten Weise so glänzend gelang. Collodium oder Guttapercha gelöst in Chloroform, das wir gleichfalls zuerst anwendeten, haften an Glas und Knochen nicht fest genug, ziehen sich beim Erstarren zusammen und lösen sich stellenweise ab, wozu das Wasser mithilft, was von den Gehirnhäuten abgesondert wird und durch das Gummipulver sickert, das man nach Donders Angabe in die Lücken zwischen dem Glasplättchen und den Knochenrändern einstreut. Nachdem wir uns mit verschiedenen Kittmitteln vergeblich bemüht, gelang es uns endlich nach folgendem Verfahren das Glasplättchen 3mal luftdicht in die Knochenlücke einzukitten *).

Man legt die Schädelfläche der Stirngegend bei einem grossen älteren Thiere, am besten von der breitköpfigen Spielart, in hinreichendem Umfang blos, indem man die Kopfhaut in vier Lappen spaltet, nach den Seiten zurücklegt und dann das Periost in weitem Umfang ganz und gar abschält. Man gewinnt dadurch eine trockene Knochenfläche, was für das leichtere Gelingen des Versuchs von

*) Zweien dieser Versuche hatten die Herren Dr. Oppenheimer und Dr. Wundt die Güte anzuwohnen.

Wichtigkeit. Hierauf wird ein Glasplättchen, aus einem Uhrglas geschnitten, 11 Mm. lang, und von hinten nach vorn sich gleichmässig etwas verschmälernd, so dass es hinten 9 Mm. und vorn 8 Mm. breit ist, auf die Schädelfläche aufgedrückt und sein Umriss mittelst eines Bleistiftes, der den Rändern des Gläschens entlang geführt wird, auf den Knochen gezeichnet. Man hat rücksichtlich des Glasplättchens dafür Sorge zu tragen, dass die Ränder möglichst gerade laufen und die obere Fläche in der Breite von 1 Mm. an den Rändern matt geschliffen wird, was auf rauhem Sandstein leicht gelingt.

Alsdann sägt man mit einer kleinen Knochensäge das vorgezeichnete Knochenstückchen heraus und hilft mit der Knochenzange nach, dass die Ränder möglichst glatt werden und das Gläschen genau hineinpasst.

Die Blosslegung der Dura mater wird meist mit geringem Blutverlust erkauft, die Abtragung der Dura mater aber setzt in der Regel stärkere venöse Blutungen, die am besten mit Zunder oder dem comprimirenden Glasplättchen selbst gestillt werden. Nachdem die Blutung aufgehört, wird das gereinigte Gläschen ständig eingesetzt. Ist das Gehirn etwas eingesunken, so kann man nach Donders Vorgang zuerst einen Tropfen Wassers auf das Gehirn bringen, damit kein lufthaltiger Raum zwischen Gehirn und Glas entstehe. Nunmehr streut man etwas feingepulvertes Mimosen-Gummi, gleichfalls wie Donders angiebt, auf, drückt es in die Lücken zwischen Glas und Knochen und fährt mit einem rothglühenden geknöpften Glüheisen rasch nach, um es zu trocknen. Das Einstreuen von Gummipulver hat den Vortheil, dass das rasch heranquellende Blutwasser sofort eine Masse findet, die es bindet und zugleich klebt, wodurch das Gläschen so lange festgehalten wird, bis das eigentliche Kittmittel zur Anwendung kommt. Man bläst sodann den Ueberschuss des aufgestreuten Pulvers von Glas und Knochen weg. Statt mit Gummipulver kann man die Lücke wohl auch mit einer sehr gesättigten weingeistigen Lösung von Schellack ausfüllen.

Jetzt wird feines Schellackpulver dick auf die Spalträndер aufgestreut und das rothglühende Eisen an einer Stelle leicht aufgesetzt.

Alsbald schmilzt hier der Schellack und erhärtet sogleich, eine fest an Glas und Knochen haftende, die Spaltlücke an dem betreffenden Orte völlig deckende Platte bildend. Man verschliesst auf diese Weise allerseits die Lücke auf das Sorgfältigste. Die Probe, ob der Verschluss wirklich luftdicht, gewährt sogleich der Versuch mit der Compression des truncus anon. bei verschlossener linker Subclavia. Ist die feinste Oeffnung zugegen, so sinkt sofort das Gehirn ein und zwischen Gehirn und Glas erscheint eine Luftblase. Hört die Compression auf, so drängt das Gehirn an die Glasplatte und Luft und Wasser treten durch das Löchlein hervor. In diesem Falle hilft man eben an dem mangelhaften Punkte auf das Geeignete nach. Ist der Verschluss luftdicht, so sind keinerlei Bewegungen des Gehirns wahrzunehmen, es wird weder Luft bei der Compression hinein, noch beim Nachlass derselben Wasser heraus gepresst.

Ehe wir nun die Ergebnisse der Compressionsversuche bei eingesetztem Glase mittheilen, wird es der Vergleichung halber nothwendig, die Ergebnisse der Compression bei offenem Schädel nach acht eigens hierüber gemachten Versuchen anzuführen. Gleichgültig, ob die dura mater unversehrt erhalten oder abgetragen ist, das Gehirn sinkt sofort nach der Compression ein, es zieht sich napfförmig von der Schädelöffnung zurück, wobei die dura mater, falls sie erhalten ist, genau anschliessend folgt. Indess vermag das Gehirn nicht so bedeutend nach innen zurückzutreten, wenn die dura mater erhalten ist, als wenn sie im Umfang der Knochenlücke abgetragen wurde. Im letzteren Falle sank es bei einem Versuche in der Mitte Lücke um $2^1/_2$ Mm. ein.

Zugleich wird das Gehirn vollkommen blass, auch die feinen Venchen verschwinden dem unbewaffneten Auge um so mehr, je kleiner ihre Durchmesser sind, die grösseren Venen aber, welche quer über die Halbkugeln des Grosshirns laufend in die grosse Längsvene über dem Balken einmünden, nehmen um $^1/_4$ bis $^1/_3$ ihres Durchmessers ab, während die Längsvene selbst weniger deutlich sich verengt.

Verschliesst man jetzt bei weitgediehener Anämie des Gehirns dem Thiere die Nasenlöcher, so schwellen Gehirn und Venen augenblicklich wieder stärker an.

Treten die Krämpfe ein, so drängt sich das Gehirn mehr und mehr in die Knochenlücke herein, füllt dieselbe sogar wieder aus, ohne sich aber zu röthen, obwohl die Venen an der Oberfläche sichtlich anschwellen. Mit dem Nachlasse des Krampfanfalles schwellen die Venen wieder ab, doch bleibt das Gehirn noch im Tode vorgedrängt.

Strömt das Blut auf's Neue ein, so röthet sich das Gehirn in lebhaft rosiger Farbe, eine Menge kleiner arterieller und venöser Gefässchen kommen zum Vorschein, die Venen schwellen über ihr gewöhnliches Maass an und das Gehirn quillt, seinen gewöhnlichen Umfang überschreitend, in die Trepanationslücke herein, sie vollständig ausfüllend.

Wenn das Gläschen luftdicht eingesetzt ist, so sind die Erscheinungen, welche das Gehirn bietet, nicht mehr dieselben. Es lassen sich keine Bewegungen des Gehirns mehr hervorrufen, man mag nun die Compression bis zum Tode fortsetzen, die Nasenlöcher verschliessen oder die Compression aufheben und dadurch das Gehirn in starke Wallung versetzen. Das Gehirn schliesst vielmehr in allen Fällen unverrückt dicht an die Glasplatte an. Die Erscheinungen an den Gefässen selbst sind dagegen dieselben, wie bei blossgelegtem Gehirne. Wird comprimirt, so erblasst es augenblicklich, die feinen Gefässe entschwinden dem Auge, die in die grosse Längsvene einmündenden Venen verengen sich bald rascher, bald langsamer mehr und mehr, um $^1/_3$ bis $^1/_4$ ihrer Durchmesser; ungewiss blieb es, ob die Längsvene selbst eine Verengung erfährt.

Verschliesst man die Nasenlöcher während dieses Zeitraums, so erfolgt auch bei grosser Blässe des Gehirns und vorgerückter Verengung der Venen eine deutliche Anschwellung und Erweiterung dieser Gefässe, ohne dass aber die blasse Farbe des Gehirnes selbst sich ändert.

Brachen die Krämpfe aus, so schwollen die Venen ebenfalls wieder an, ohne dass das Gehirn Farbe oder Stellung veränderte, und diese Anschwellung beharrte auch nach dem Erlöschen der Zuckungen im Tode, und noch etliche Minuten nach dem letzten Athemzuge.

Wurde die Blutströmung hergestellt, so färbte sich das Gehirn augenblicklich rosenroth, eine grosse Zahl der feinsten Gefässe wurde sichtbar, die Venen schwollen beträchtlich an.

Durch diese Versuche werden somit die Grundsätze, um welche sich Burrows und Donders vor Allen verdient gemacht, glänzend bestätigt. Die für die Praxis, namentlich die Anwendung der Blutentziehungen bei Gehirnleiden hochwichtige Lehre, dass die Blutmasse des Gehirns und seiner Häute wirklich vermindert werden könne, lässt sich durch keinen andern Versuch so unbestreitbar anschaulich darlegen, wie durch den in Rede stehenden. Und nur vermittelst dieser sinnreichen Methode, die den Namen Donders allezeit schmücken wird, werden sich über das Verhalten der Gehirncirculation bei der Asphyxie, Strangulation, Durchschneidung der grossen Halsstränge des Sympathicus, Aetherisation, Inebriation und Narcotisation mittelst Morphins, Atropins u. s. w. zuverlässige Aufschlüsse erlangen lassen.

Für unsere Frage im Besondern ergiebt sich, dass die Compression der grossen Schlagadern capilläre Anämie und venöse Oligämie des Gehirns und seiner Häute bedingt, bis die Zuckungen eintreten, womit die venöse Oligämie, wenigstens theilweise, beseitigt wird, ohne dass zugleich die capilläre Anämie aufhört. Gerade hierin aber liegt das Moment, welches zur Vernichtung des Lebens führt, da alle organische Thätigkeit an dauernden Stoffwechsel, an ungehinderte Ernährung und die Gegenwart rothen Blutes in den Haargefässen gebunden ist. Das Gehirn wird seines Zuflusses plötzlich beraubt, und ein Ersatz der Nährstoffe, die sein Gewebe tränken und unaufhörlich aufgezehrt werden, nicht mehr geleistet. Das Gehirn erleidet somit eine innere chemische Veränderung und Verletzung, die sich in veränderten Thätigkeitsäusserungen offenbaren muss.

Burrows behauptet, die Anämie störe nicht deshalb die Verrichtungen des Gehirns, weil ihm seine Nahrung entzogen werde, sondern weil der gewohnte Druck wegfalle, unter den es durch die Herzpumpe gestellt und der zur regelmässigen Gehirnthätigkeit nothwendig sei. Er hält somit an der Ansicht fest, welche Bichat in seinem berühmten Werke „sur la vie et la mort" zu begründen versucht hat.

Ohne die Bedeutung dieses Drucks völlig in Abrede zu stellen, halten wir ihn doch, wenigstens in Bezug auf unsere Frage, für ein in zweiter Reihe stehendes Moment, da auch nach Abtragung sehr ansehnlicher Stücke der Schädeldecken beim Kaninchen die fallsuchtartigen Zuckungen in gleicher Weise, wie bei geschlossenem Schädel, eintreten. Es kam uns höchstens vor, als ob bei aufgebrochenem Schädel, wenn die Compressionsversuche lange und oft wiederholt wurden, die Zuckungen allgemach später, als bei geschlossenem sich einstellten. Somit scheint uns die Behauptung vollkommen gerechtfertigt, dass die aufgehobene Blutzufuhr, d.i. der unterbrochene Stoffwechsel, nicht der aufgehobene mechanische Druck auf's Gehirn, die Zuckungen hervorrufe.

Wir erlauben uns schliesslich einen Versuch anzuführen, der uns volle Beweiskraft zu besitzen scheint.

Einem kräftigen schwarzen Kaninchen brachen wir zuerst vorn die Decke des Grosshirns bis zu den Orbitalrändern seitlich und zum Querblutleiter hinterwärts ab, hierauf von der durchschnittenen Membrana obturatoria aus die Decke des Kleinhirns seitwärts so weit als möglich und nach vorn bis ebenfalls zum Querblutleiter hin. Als wir nun schliesslich auch die Knochenbrücke über dem Querblutleiter entfernt hatten und das Thier durch die heftige Blutung aus diesem Gefässe rasch zu Grunde ging, so entstanden trotz der ausnehmend umfänglichen Blosslegung des Grosshirns, des Kleinhirns und des verlängerten Marks die allerfurchtbarsten Krämpfe, welche vollkommen den Charakter eines fallsuchtartigen Anfalles trugen.

VIII.

Von den Ergebnissen der Leichenöffnung nach Verblutung und Unterbindung der grossen Schlagadern des Halses.

Beim Tode durch Verblutung sahen wir jederzeit das Gehirn der Kaninchen bleich, die Durchschnittsflächen ohne Blutpunkte, die Gehirnhäute, Schädelknochen und Weichtheile des Kopfes blass, die Blutleiter und grösseren Venen wenig, die grossen Arterien an der Hirnbasis sehr wenig Blut enthaltend.

Will man die Unrichtigkeit der Kellie-Abercrombie-Hammernik'schen Lehrsätze recht augenscheinlich darlegen, so kann man diesen Zweck nicht besser erreichen, als indem man die Oeffnung zweier Thiere neben einander vornimmt, von denen man das eine verbluten lässt, und das andere in folgender Weise opfert. Man schneidet zuerst beide sympathische Halsstränge durch, unterbindet hernach die Halsvenen, wartet so lange zu bis die Athmung in Folge der Blutüberfüllung der Schädelhöhle beträchtlich vermindert wird, was regelmässig geschieht, und erwürgt schliesslich das Thier durch enge Umschnürung des Halses mit starkem Bindfaden. Wir zögerten in einem Falle mit der Erwürgung, bis die Athmung allmälig binnen 5 Stunden von 140 Athemzügen auf 28 herabgegangen war. Während des Sterbens erbleichten trotz alledem die Ohrlöffel des Thieres und Arterien und Venen verengten sich. Auch erschienen die Ohrlöffel und die Kopfhaut noch bei der Oeffnung, die sogleich nach dem Tode angestellt wurde, bleich. Nie aber sahen wir je zuvor eine so gewaltige Blutüberfüllung der Gehirnsubstanz, aller Gehirnhäute, der Blutleiter und der Schädelknochen, wie in diesem Falle. Das Blut quoll aus den Schnittflächen des Gehirns so massenhaft hervor, wie man es sonst kaum bei der Schnittführung durch das Gehirn lebender und sehr blutreicher Kaninchen gewahrt.

Beim Tode durch Unterbindung der Kopfschlagadern fällt der Leichenbefund nur in einer Beziehung gleichartig aus. Die Gehirnsubstanz selbst sammt dem verlängerten Hirnmark und dem oberen

Theile des Halsmarks fanden wir in allen Fällen blutlos, die Durchschnittsflächen ohne Blutpunkte und den arteriellen Theil der Schädelgefässe bis auf einen geringen Blutgehalt der grösseren Gefässe an der Schädelbasis leer. Der Blutgehalt der Venen wechselte dagegen sehr beträchtlich.

Wir öffneten den Schädel fast immer nach dem letzten Athemzuge, vor oder kurz nach dem letzten Herzschlag. In der Regel enthielten die Blutleiter und die gleichfalls sehr starrwandigen grossen Venen auf dem Schädeldache neben den Ohrlöffeln ansehnliche, sogar grosse Blutmengen. Auch die grösseren und mittleren Venen der Pia mater waren häufig kaum kleiner als am lebendigen, trepanirten Thiere, die feineren Venen dagegen erschienen blutarm oder ganz leer. — Seltener, etwa einmal unter zehnmal, fanden sich sämmtliche Venen des Halstheils, der Wirbelsäule und der Schädelhöhle strotzend von Blut. — Zuweilen endlich waren alle Venen, sogar die Blutleiter und die Wirbelvenen des oberen oder beider oberen Drittheile des Halstheils der Wirbelsäule sehr blutarm.

Somit ist der Blutgehalt der Schädelhöhle nach der Unterbindung der Schlagadern des Kopfes durchschnittlich viel grösser, als nach der Verblutung. Es sind aber vorzugsweise die grösseren Venen, welche reichlichere Blutmengen bewahren, während die feineren und die Arterien blutarm oder leer sind.

Häufig erfolgen nach der Trepanation am todten Thiere, zumal wenn man eine bluthaltige Vene anschneidet oder ansticht, bedeutende Blutungen, namentlich wenn das Herz noch schlägt. Die ausströmenden Blutmengen können so reichlich werden, auch bei aufrecht gehaltenem Kopfe, dass die enthirnte Schädelhöhle sie gar nicht fassen würde. Diese Thatsache, sowie der öftere Befund venöser Blutfülle im Schädelraume dürfte sich aus folgenden Verhältnissen ungezwungen erklären.

Die Sperrung der grossen Schlagadern des Halses bewirkt bei blutreichen Thieren zunächst Blutüberfüllung des linken Herzens, dann der Lungen und des rechten Herzens. Man findet deshalb das Herz und die grossen Gefässe mächtig ausgedehnt, die Lungen blutreich,

sugillirt, häufig ödematös, nach öfter wiederholten Compressionsversuchen zuweilen an einzelnen Stellen hepatisirt. Das Einströmen des venösen Bluts in das rechte Herz wird dadurch behindert. In den Körperbezirken, deren Venen zu allernächst dem Herzen in die Hohlvenen einmünden, erfolgt eine Stauung und Anhäufung venöser Blutmassen. Zu diesen Körperbezirken gehört vornehmlich der untere Hals und der Rückentheil der Wirbelsäule, deren Venen beim Kaninchen unmittelbar in die beiden oberen Hohlvenen einmünden. Hier muss somit das angestaute venöse Blut einen höheren Grad von Spannung erreichen und ein Bestreben desselben sich geltend machen, aus den übermässig ausgedehnten und angefüllten Gefässen des Rückens und der unteren Nackengegend in die weniger angefüllten oder leeren und klappenlosen Venen des Kopfes zurückzuströmen.

Dazu gesellt sich nun ein Umstand von nicht geringerer Bedeutung, den wir vielleicht als ein actives Druckverhältniss bezeichnen dürfen, während das eben genannte ein passives darstellt. Die gesammte arterielle Blutmenge, welche den Strombezirken der 4 grossen Schlagadern des Halses vorenthalten wird, vertheilt sich auf die übrigen Provinzen des Körpers, jedoch in ungleicher Weise. Die verhältnissmässig grösste Menge muss den zunächst der Unterbindungsstelle gelegenen, also den von der Aorta thor. abgehenden Arterien zugeführt werden. Die Intercostales führen mit verstärktem Drucke der Rücken- und hinteren Halsgegend eine grössere Menge rothen Blutes zu, denn das Herz schlägt auch nach dem letzten Athemzuge noch längere Zeit kräftig fort und wenn die linke Kammer schliesslich erstarrt, zieht diese sich dabei zusammen und treibt ihren Inhalt aus.

Das schwarze Blut in den Venen der genannten Gegend wird somit unter eine stärkere vis a tergo gestellt, während es auf seiner Bahn gegen das Herz hin einen grösseren Widerstand erfährt. Es muss darum gegen Hals und Kopf hin auszuweichen suchen.

Durch den Krampfanfall und die letzten tiefen Athemzüge vor dem Tode wird endlich ein drittes Glied der Kette hier wirksamer Ursachen eingefügt. Während der Krämpfe stockt die Athmung ganz, die Glottis ist geschlossen, und die Ge-

hirnvenen schwellen an, wie unsere Versuche nach Donders' Methode nachweisen. Durch die letzten tiefen Athemzüge, sollte man freilich vermuthen, müsse die venöse Blutmasse des Gehirns in Folge der kräftigen Aspiration zu Herz und Lungen sich mindern. Wenn aber Herz und Lungen, wie dies die Regel, schon blutüberfüllt und die letzteren ödematös sind, dann kann der Erfolg der Aspiration begreiflicherweise nur gering ausfallen, während jede Ausathmung beträchtliche Blutmassen aus dem Brustkorb und den Rückenvenen zum Kopfe zurücktreiben muss.

In der That lehrt auch ein Versuch, den wir vielfältig angestellt, dass man bei todten Thieren, deren Schädel geöffnet oder deren Membr. obturatoria angeschnitten wurde, durch Compression der Brustwände oder einfachen Druck auf das Zwerchfell selbst dann sofort reichliche Blutmengen in die Venen des Nackens und Schädels pressen könne, wenn man ein Band zwei- und dreifach so fest um den Hals angelegt hat, dass alle Venen der Weichtheile des Halses und Nackens undurchgängig werden. Das Blut muss hier somit aus der Brusthöhle durch die Wirbel- und Rückenmarksvenen zum Schädel herauftreten. Der Versuch gelingt immer, sobald nur die grossen Gefässe des Brustraumes hinreichend viel Blut enthalten.

Es entsteht nur die Frage, ob dieser Versuch auch Gültigkeit für die Verhältnisse des geschlossenen Schädels habe. Brechen wir die Schädeldecke weg, so räumen wir ja ein Hinderniss fort, welches der Druck, den jene auf den Schädelinhalt ausübt, dem von den Wirbelvenen heranströmenden Blut entgegensetzt. Und es liegt gewiss darin der Grund der grossen Blutungen, welche in der ersten Zeit nach dem Erlöschen der Athmung bei den Thieren, die in unsern Versuchen an Hirnanämie verstarben, so häufig während der Section aus verletzten Schädel- und Gehirnvenen erfolgten.

Wir glauben indess bejahen zu dürfen, dass auch in den geschlossenen Schädelraum des todten Thieres venöses Blut vom Brustkorb her einzudringen vermöge, wie dies für das lebende durch die Versuche von Donders und uns zur Gewissheit wurde. Warum sollte nicht auch unter günstigen Umständen noch im Tode der flüssige

Schädelinhalt, das Verhältniss von Blut- und Cerebrospinalflüssigkeit wechseln können? Die Verschiebbarkeit des gesammten Schädelinhaltes durch Veränderung in der Stellung des Hirnzeltes und der Membrana obturatoria schwindet nicht mit dem Leben und die Cerebrospinalflüssigkeit kann im Tode sogar noch leichter als im Leben in die Rückenmarkshöhle ausweichen, weil mit zunehmender Fäulniss die Bandmassen zwischen den Wirbeln und die sie überlagernden und pressenden Weichtheile weicher und nachgiebiger werden. Wir müssen freilich zugeben, dass im Lebenden, wo die Muskelthätigkeit der kräftigsten Druckapparate, der Athemwerkzeuge, der Herzpumpe und der Gefässmuskeln wirksam ist, ein solcher Wechsel viel rascher und leichter stattfinden könne, als im Tode, insbesondere wenn wir den Eintritt desselben vom letzten Herzschlag und nicht vom letzten Athemzug an datiren. Indess sind auch am Leichnam einige nicht unbeträchtliche Druckkräfte, die das Blut gegen den Kopf drängen, vorhanden. Wir erinnern an die Zusammenziehung und die Verkleinerung des Herzens, und zwar zuerst der linken Herzkammer in Folge der Todesstarre, an die Gasentwicklung im Darmkanal, wodurch das Zwerchfell aufwärts gedrängt und das Blut der Lebervenen und unteren Hohlader um so stärker zum rechten Herzen und in die obere Hohlader hinaufbewegt wird, als die erstarrten Bauchdecken dem Andrängen der Gase anfangs Widerstand leisten, endlich an die Zersetzung des Blutes und Gasentwickelung im Herzen und den grossen Gefässen selbst. Wichtiger aber als diese inneren erscheint uns jenes äussere und zufällige Moment, auf das von jeher das Augenmerk der Aerzte mehr gerichtet war: die Lagerung der Leiche mit abwärts geneigtem Kopf oder auf Bauch und Brust, wodurch ein Druck auf den Inhalt der Bauch- und Brust-Eingeweide ausgeübt wird.

Burrows*) tödtete zwei vollkommen ausgewachsene Kaninchen durch Blausäure und hing, während die Herzen noch schlugen, das eine an den Ohren, das andere an den Hinterfüssen auf. Nach 24 Stunden wurden Schnüre dicht um den Hals der Thiere angelegt,

*) a. a. O. S. 14.

diese dann auf den Tisch verbracht und geöffnet. Bei dem einen, an den Ohren aufgehängt gewesenen Thiere waren sämmtliche äussere Theile des Kopfes, die Ohren, Augäpfel u. s. w. bleich und welk, die Muskeln und Knochen des Schädels sehr blutleer; nach Eröffnung des Schädels, Häute und Substanz des Gehirns blass, die Sinus und anderen Gefässe ohne Blut. Bei dem zweiten, an den Hinterbeinen aufgehängt gewesenen Thiere waren die äusseren Theile des Kopfes, die Muskeln und Knochen des Schädels dunkel gefärbt und mit Blut überfüllt, die Häute und Gefässe des Gehirns strotzten von dunklem flüssigem Blute, die Sinus waren mit dunklem Blute angefüllt, die Substanz des Gehirns einförmig dunkel und in hohem Grade congestiv. Um diesen Versuchen volle Beweiskraft zu geben, hätte Burrows das Aufhängen erst nach dem Aufhören des Herzschlags vornehmen sollen. Immerhin sind sie belehrend und erheben zur Gewissheit, dass je nach der Lagerung des Kopfes während der letzten Herzschläge die Blutfülle des Gehirns und seiner Hüllen verschieden ausfällt. — Wir selbst sahen einige Male bei blutreichen Kaninchen, die wir erst 24 Stunden nach dem Tode durch Unterbindung der Halsarterien untersuchten, die Ohrlöffel, die im Sterben und in der ersten Zeit des Todes ausgezeichnet bleich gewesen waren, jetzt, nachdem der Kopf lange Zeit tiefer gelegen hatte, blauroth und überfüllt mit Blut, die Drosselvenen und ihre Zweige, die sich nach der Unterbindung vor unseren Augen verengt und grossentheils entleert hatten, strotzten von dunklem Blute; die Venen des Nackens, der Schädelknochen, der Halswirbel und der Hirnhäute waren in solchem Grade blutreich, dass man bei Unkenntniss der eigentlichen Todesursache leicht den falschen Schluss hätte ziehen können, die Thiere hätten im Leben an Blutandrang zum Kopfe gelitten und seien in Folge desselben apoplektisch gestorben. Das Gehirn selbst war nicht blutreich, aber etwas bläulich gefärbt und weich.

Engel*) erklärt die Entstehung von Leichenhypostase an dem

*) Darstellung der Leichenersch. S. 17 u. ff.

Gehirn und seinen Häuten bei geschlossenem Schädel für unmöglich und beruft sich auf Versuche, wonach er an menschlichen Leichen, die er 2 Stunden nach erfolgtem Tode eine senkrechte Stellung mit dem Kopfe nach unten einnehmen liess, ausgebreitete Hypostasen an der Haut und den Muskeln des Gesichtes und Kopfes eintreten sah, am Gehirn und seinen Häuten aber keine Veränderungen beobachtete, wodurch sich diese Leichen von in der gewöhnlichen Lage belassenen unterschieden hätten.

Wir wissen nicht, ob die Zahl der angestellten Versuche so gross war, dass sie Engel zu einem so unbedingten Ausspruche berechtigten. Jedenfalls aber geht aus ihnen mit Bestimmtheit hervor, dass es an der menschlichen Leiche nicht so leicht und unter allen Umständen gelingt, durch tiefe Lagerung des Kopfes eine stärkere Füllung der Schädelvenen hervorzurufen, wie man vielfach annahm.

Da der Blutgehalt der Venen der Schädelhöhle sicherlich im Todeskampf und wahrscheinlich unter günstigen Umständen auch nach dem letzten Herzschlage noch wechseln kann, so erhellt schon hieraus zur Genüge, wie schwierig und häufig unmöglich es ist, aus dem Blutgehalte des Schädels im Tode auf den im Leben Rückschlüsse zu machen. Das grösste Hinderniss aber liegt in dem Verhalten der Arterien, die sich während des Sterbens (an den Ohrlöffeln sogar, wie wir sahen, nach Durchschneidung der Sympathici, Unterbindung der Venen und Erwürgung!) zusammenziehen und ihren Inhalt mit Kraft durch die Haargefässe in die Venen treiben. Ueber den Zustand der Füllung des wichtigsten Abschnittes des Gefässsystems, der Arterien und arteriellen Haargefässe, vor dem Sterbeacte, erhalten wir durch den Leichenbefund niemals, über den der Venen im besten Falle annähernd genaue Aufschlüsse. Darum erscheint es doppelt nothwendig, die Circulationsverhältnisse des Gehirns bei Asphyxie, Narkose, Berauschung, Aetherisation u. s. w. am lebenden Thiere nach Donders' Methode sorgfältig zu studiren.

Wir schwiegen bisher absichtlich von dem Verhalten der Cerebrospinalflüssigkeit bei unsern Versuchen. Es wollte uns eben nicht

gelingen, ein Verfahren zu ermitteln, wodurch die geringen Feuchtigkeitsmengen in der Schädel- und Rückgratshöhle dieser Thiere auch nur annähernd genau bestimmt würden. Wir können nur die schon von Malgaigne in seiner chirurgischen Anatomie gemachte Angabe bestätigen, dass wir bei sehr abgemagerten Kaninchen, denen zu Lebzeiten der Vorderschädel geöffnet wurde, auffallend viel Wasser und wenig Blut antrafen, während bei den zahlreichen wohlgenährten Thieren, die wir öffneten, das entgegengesetzte Verhältniss statt hatte.

Um zu ermitteln, ob die Wassermenge durch die Unterbindung der Kopfschlagadern zunehme, pflegten wir bei den meisten todten Kaninchen vor der Abtragung der Schädeldecken zuerst die Nackenmuskeln quer durchzuschneiden, das Lig. obtur. blosszulegen und bei aufrecht gehaltenem Kopfe durch die Mitte desselben in den vierten Ventrikel einzustechen. Die Wassermenge, die wir auf diese Weise gewannen, betrug in der Regel einige Tropfen, selten quollen grössere Mengen bis zum Betrag eines Theelöffels aus, zuweilen kam gar keines zum Vorschein und es floss dann erst welches aus, wenn der Kopf gesenkt und der Rumpf des Thieres emporgehoben wurde. In der Regel blieb die Wassermenge unter derjenigen, welche wir bei derselben Haltung eines Dutzends lebender Thiere erhalten hatten, denen bei freier Blutströmung die Membr. obtur. eingestochen worden war. Es ist aber wohl zu bedenken, dass hier bei lebendigem Stoffwechsel möglicherweise im Verlaufe weniger Secunden grössere Mengen Cerebrospinalflüssigkeit abgesondert werden, als die Gehirnhöhlen überhaupt innerhalb eines gegebenen Zeitmoments zu fassen vermögen, wie denn auch bei stattfindender Athmung mit jeder Ausathmung eine gewisse Menge Wassers aus der Wirbelhöhle emporgestossen werden muss.

Ebenso wenig führt die Schätzung des Wassergehalts nach dem blossen Ansehen der Gehirnoberflächen oder von Gehirnschnittflächen beim todten Kaninchen zu befriedigenden Ergebnissen. Oberfläche und Schnittfläche des Gehirns erschienen uns wiederholt bei erstickten und selbst mit unterbundenen Drosselvenen gestorbenen Thieren nicht minder feucht, als bei an Gehirnanämie zu Grunde gegangenen, mindestens liess sich kein auffallender Unterschied wahrnehmen. Zu

denselben Sectionsergebnissen bei Kaninchen kam offenbar auch Berlin*), der ihnen jedoch wenig Rücksicht schenkte. — Grössere Hunde eigneten sich wahrscheinlich besser zu Untersuchungen über diesen Gegenstand, als Kaninchen. — Endlich gewährten uns auch die Versuche nach Donders' Verfahren keine Aufschlüsse über Zu- oder Abnahme des Wassergehalts des Gehirns und seiner Häute bei der arteriellen Anämie und Hyperämie.

Sicherlich hat die Theorie allen Grund anzunehmen, die Wassermenge falle und sinke im umgekehrten Verhältniss zur Blutmenge. Wir waren aber leider nicht im Stande, diese Lehre am Kaninchen für rasch eintretenden Wechsel der Strömung experimentell genauer festzustellen, vielleicht würde es gelingen durch Vergleichung des specifischen Gewichts der Gehirne verbluteter und mit unterbundenen Venen erstickter Thiere.

IX.

Die Quelle der fallsuchtartigen Zuckungen bei der raschen Verblutung ist nicht im Rückenmark zu suchen.

Durch die bisher mitgetheilten Versuche wurde der bestimmte Nachweis geliefert, dass rasch herbeigeführte Anämie der im Schädel eingeschlossenen Nervenmassen fallsuchtartige Zuckungen herbeiführt. Die zunächst zu beantwortende Frage geht nun nach dem Verhalten des Rückenmarks bei Vorenthaltung des rothen Blutes. Mechanische, caustische und galvanische Reizung des Rückenmarks kann allgemeine, heftige Zuckungen, freilich bei Fortbestand des Bewusstseins, herbeiführen. Wirkt nun die allgemeine arterielle Blutentziehung erregend ebensowohl auf die motorischen Quellen des Gehirns, als auf die des Rückenmarks, oder spielt nur jenes die Rolle des motorischen Heerdes, des Mittelpunktes, von dem der Anstoss zu allgemeinen Zuckungen ausgeht, während sich das Rückenmark bloss als Leiter betheiligt und die Erregung des Gehirnes einfach zu den Muskeln überträgt? Unsere Versuche lehren, dass das Letzte der Fall

*) Schmidt's Jahrbücher 1851. Bd. 69. S. 14. Nederl. Lancet. Febr. 1850.

ist, dass Gehirn und Rückenmark gegen diese Einwirkung merkwürdiger Weise ein verschiedenes Verhalten zeigen.

Wir unterbanden bei 10 Kaninchen von verschiedenem Alter (von 4 Wochen bis zu mehreren Jahren), Geschlecht*), Farbe und Spielart beide Subclaviæ an ihren Ursprungsstellen, so dass das Gehirn seinen Zufluss nur durch die Carotiden erhielt. Dann wurde der Aortenbogen mit einem Faden umschlungen, was ohne alle Verletzung der Pleura oder anderer wichtiger Theile gelang, etwas angezogen und mittelst eines eigens zu diesem Zwecke hergerichteten sehr starken Instrumentes comprimirt. Dieses stellt eine kleine s. g. Charrière'sche Pincette dar von 8,5 Centim. Länge, mit hinten gekreuzten und stark gegeneinander federnden Armen, welche vorn in der Länge von 3½ Centim. mit glatten Flächen genau einander anliegen, hier 3½ Millim. breit und an den Rändern abgerundet sind. Es verschliesst die Aorta so vollständig, dass es keinen Tropfen Blut auf diesem Wege in den hintern Körpertheil gelangen lässt.

Wir behalten uns für ein ander Mal die Beschreibung der Erscheinungen vor, die bei Compression der Aorta an dem Schliessmuskel des Afters, den Darm- und Blasenmuskeln beobachtet werden. Hier sei nur so viel bemerkt, dass der Schliessmuskel des Afters sich verhält, wie die Schliessmuskeln des Gesichts bei Compression der grossen Kopfschlagadern. Er geräth zuerst in krampfhafte Zusammenziehung und das Endstück des Mastdarms in förmlichen Tenesmus, welche Erscheinungen erst später einer vollständigen Erlahmung Platz machen. Die Schleimhäute des Mastdarms und der Scheide erblassen, der Umfang des Bauchs verkleinert sich augenblicklich und allmälig sehr beträchtlich (wie bei Verblutung), wobei die Decken erschlaffen und der Bauch sich weich anfühlt. Die Athmung wird sofort langsamer und allmälig in der Richtung von hinten nach vorn immer schwächer.

Der Hinterkörper geräth sehr schnell in den Zustand vollkommenster Lähmung, während die Vorderbeine nur theilweise gelähmt werden.

---

*) Die Bildung des Brustkorbs der Weibchen macht, dies sei beiläufig bemerkt, die Umschlingung des Aortenbogens leichter als bei den Männchen.

Die Lähmung des Hinterkörpers tritt bei den meisten Thieren ohne irgend welche Zuckung ein. Bei dreien ging ein kurzes leichtes Zittern voraus, bei einem einzigen stellten sich etwas lebhaftere zitternde Bewegungen ein, die den Charakter der Paralysis agitans hatten und einige Secunden andauerten. Binnen etlichen Secunden, höchstens 1—1½ Minuten war die Lähmung der Hinterbeine vollständig.

Eigenthümliche Veitstanzartige Bewegungen gewahrt man regelmässig einige Zeit nach der Unterbindung des Aortenbogens an den Vorderbeinen. Man kann anfangs unschlüssig sein, ob sie als Ausdruck willkürlichen Vorwärtsstrebens, d. i. als Fluchtversuche, oder als wirkliche Zuckungen aufzufassen sind. Es hat zuerst fast den Anschein, als ob die Thiere zu entrinnen sich bemühten, die zu diesem Zwecke aber in Thätigkeit gesetzten Vorderbeine ihrer theilweisen Lähmung wegen, dem Antriebe des Willens nicht in geeigneter Weise Folge zu leisten vermöchten, wodurch die Bewegungen das Veitstanzartige gewännen. Bei einigem Zuwarten indess überzeugt man sich, dass dieselben unwillkürlich erregte Zuckungen darstellen. Das Thier schreckt plötzlich auf, der meist rückwärts gehaltene Kopf wird nach vorn gedreht, die geschlossenen Lieder öffnen sich, die Vorderbeine bewegen sich mehr oder weniger heftig mehrmals rasch hintereinander und greifen nach vorn aus. Diese Bewegungen wiederholen sich sehr häufig und werden durch Antasten der Beine reflectorisch hervorgerufen. Zwischen die stärkeren Anfälle, die beide Vorderbeine betreffen, hinein fällt leichtes Aufzucken des einen oder des andern. Allmälig nehmen diese Krämpfe an Stärke und Häufigkeit ab, die Thiere können sich nicht mehr auf den Vorderfüssen halten, sie tragen nur noch den Kopf aufrecht, später sinkt er herab, endlich erfolgt nur noch leises Aufzucken der Beine, wie beim Flockenlesen sterbender Menschen, bis auch diess in den letzten Minuten des Lebens erlischt.

Die Thiere sterben in der Richtung von hinten nach vorn ab. Zuerst erlahmen die Hinterbeine, später die Vorderbeine, dann die Muskeln des Nackens, zuletzt die des Kiefers und Gesichtes. So wird auch zuerst die respiratorische Thätigkeit der Bauchmuskeln eingestellt,

dann werden die Bewegungen des Zwerchfells und Brustkorbs mehr und mehr undeutlich, endlich machen häufig Mund und Nase allein noch einzelne gewaltsame schnappende Bewegungen, ein Bild ebenso seltsam wie das Athmen abgeschnittener Köpfe neugeborner Kaninchen.

Der letzte Athemzug erfolgte bei einem 1 Jahr alten grauen Kaninchen 20′ nach Anlegung der Ligatur. Die andern wurden mehrfachen Compressionsversuchen unterworfen und ihre Athmung erlosch 8—81′ nach der letzten dauernden Compression.

Die meisten Thiere zeigten gegen Ende des Lebens ausgesprochene cyanotische Erscheinungen an Mund und Nase. Nicht nur die Wärme des Hinterkörpers, auch die des Kopfs sank durch die ganze Dauer der Sperrung des Blutstroms. In einem Falle sank bei 18° C. Zimmerwärme die des Mastdarms binnen einer Stunde um 12° C., die des Ohrlöffels um 9° C. — Der Herzschlag schwand 8—20 Minuten nach dem letzten Athemzuge. Das Bewusstsein schien bis zu den letzten Augenblicken wenig getrübt.

Die Höhle der Lenden-, Brust- und unteren Halswirbel war bei vier genau untersuchten Thieren bis auf sehr mässigen Blutgehalt der Wirbelvenengeflechte blutleer, erst im mittleren oder oberen Drittheil der Halswirbel erschienen die Gefässe der Rückenmarkshäute etwas blutreicher und der Blutgehalt nahm gegen das verlängerte Mark hin mehr und mehr zu. Nie aber trafen wir eine Blutüberfüllung der Schädelhöhle; die Gehirnsubstanz selbst war immer blutleer oder blutarm, nur die Venen der Gehirnhüllen enthielten mehr oder weniger Blut. — Herz und Lungen verhielten sich wie bei der Unterbindung der grossen Schlagadern des Kopfes.

Bei Herstellung des Stromlaufs dauerte es, wenn die Unterbrechung länger als 1′ angedauert hatte, auffallend lange, bis die Lähmung der Hinterbeine überwunden und ihre freie Beweglichkeit wieder gewonnen war. Niemals sahen wir bei 3—5′ langem Verschlusse der Aorta den Wiedereintritt der Beweglichkeit vor 5—10′ erfolgen, niemals aber auch bei 15′, ja 20′ langem Zuwarten die Beweglichkeit vollständig wieder hergestellt. Je öfter die Compressionsversuche wiederholt wurden, um so schwieriger geschah die Erholung.

Zweimal kündigte sich der Wiedereintritt der Beweglichkeit durch leichtes Zucken einzelner Muskeln an.

Wenn also das Rückenmark des Kaninchens bis in die Nähe der medulla oblongata hin plötzlich der Zufuhr des rothen Blutes beraubt wird, so entstehen niemals Zuckungen von der Heftigkeit und dem Charakter jener, die bei rascher Verblutung oder arterieller Gehirnanämie sich jederzeit einstellen und es ist hierdurch zugleich vollständiger Beweis geliefert, dass die Quelle der allgemeinen Zukkungen bei der Verblutung nicht im Rückenmarke, sondern im Gehirne gesucht werden muss.

Man könnte vielleicht den Einwurf erheben, die Zuckungen träten bei Unterbindung der Aorta nur deshalb nicht ein, weil die Muskeln der Gliedmassen von der Anämie mit betroffen und allzu rasch in einen Zustand versetzt würden, der sie hindere, auf den Impuls, der vom Rückenmark aus erfolge, zu antworten. Dass dem nicht so sei, lehrt folgender Versuch.

Einem jungen Kaninchen von 8 Wochen wurden beide Subclaviae an der Ursprungsstelle unterbunden und ein Faden um den Aortenbogen geführt. Kein Blutverlust, nicht das geringste schmerzhafte Zucken erfolgte während der ganzen Operation. Das Thier wird aufgesetzt und ruht 10 Minuten.

Um 11 Uhr werden die Carotiden geschlossen. Bald erfolgt ein heftiger fallsuchtartiger Anfall und man entfernt das Compressorium, worauf das Thier sich rasch erholt. Jetzt wird der Aortabogen comprimirt, augenblicklich vollständige Lähmung der Hinterbeine, unvollständige der Vorderbeine. Man entfernt das Compressorium nach 36 Secunden. Die freie Beweglichkeit der Beine ist nach 45 Secunden wieder vorhanden.

Um 11 Uhr 5′ comprimiren wir den Aortabogen zum zweiten Male. Abermals fast augenblicklich vollkommene Lähmung der Hinterbeine, unvollkommene der Vorderbeine. Unverzüglich werden die Carotiden comprimirt; ein heftiger fallsuchtartiger Anfall erscheint binnen wenigen Secunden. Man giebt zuerst den Stromlauf der Carotiden frei und der Sturm legt sich sofort,

hierauf den Stromlauf der Aorta, der 45″ lang gesperrt gewesen; erst nach 1½′ ist die freie Beweglichkeit der Hinterbeine wieder da.

11 Uhr 10′. Der Aortabogen wird eine Minute lang comprimirt gehalten und dann erst verschliessen wir die Carotiden. Es erfolgen nur einige schwache Zuckungen der Vorderbeine und der Kopf wird rückwärts gezogen. Die Pupillen erweitern sich ausserordentlich, das Thier athmet sehr langsam und tief und ist dem Ende nahe. Man befreit die Blutbahn der Carotiden nach 36″ langer Sperrung, etwas später die der Aorta. Der Kopf wird hyperämisch, der Augengrund rubinroth, die Pupillen bleiben mehrere Secunden lang ausserordentlich weit, Zuckungen erfolgen keine, das Thier bemüht sich vergeblich, mit den Vorderbeinen sich aufzurichten.

11 Uhr 17′. Hinterbeine und Afterpförtner sind noch immer lahm.

11 Uhr 18′. Der Afterpförtner schliesst wieder.

11 Uhr 19′. Das Thier beginnt die Hinterbeine wieder anzuziehen.

11 Uhr 20′. Die Hinterbeine sind wieder angezogen. Das Thier vermag darauf zu stehen. Jetzt werden die Carotiden abermals bei freiem Stromlauf der Aorta comprimirt und zwar eine ganze Minute lang. Das Thier kommt dem Ende nahe, ohne dass Krämpfe eintreten. Die Sperre wird aufgehoben. Die Hyperämie des Kopfs mit Erweiterung der Pupillen hält 20 Secunden an; keine Zuckung.

11 Uhr 30′. Jetzt treten wieder nach Verschluss der Carotiden binnen 8″ allgemeine Zuckungen ein, obwohl die freie Beweglichkeit der Hinterbeine noch nicht bis zu dem Grade, wie sie ursprünglich bestand, wieder hergestellt ist.

Die Quelle der allgemeinen Zuckungen bei der Verblutung ist demnach ganz ohne Zweifel innerhalb der Schädelhöhle zu suchen, das Rückenmark dient nur zur Leitung des motorischen Antriebs, der vom Gehirn ausgeht. Es erhellt zugleich, dass das Rückenmark durch Blutent-

ziehung leicht in seiner Ernährung so beeinträchtigt wird, dass es die Rolle eines Conductors nicht mehr auszuführen vermag.

Wir haben den eben mitgetheilten Versuch durch zwei andere controlirt. Einem alten männlichen Kaninchen wurden zuerst beide Subclaviae, dann der Aortenbogen und sofort die Carotiden unterbunden. Das Thier endete unter den gewöhnlichen fallsuchtartigen Zuckungen. Gehirn und Rückenmark blutleer, die häutigen und knöchernen Hüllen blutarm. Beide Lungen in hohem Grade ödematös, blutreich und sugillirt. Das Herz schlug bei enormer Füllung und Ausdehnung seiner Höhlen und Kranzgefässe mit schwarzem Blute noch eine Stunde nach dem letzten Athemzuge in allen Theilen kräftig fort. — Ein anderes gleich altes Kaninchen starb, nachdem die Compression der Aorta 5′ gewährt hatte und nun noch die Carotiden unterbunden worden waren, ohne in allgemeine Zukkungen zu verfallen, nur an den Muskeln des Gesichtes wurden die gewöhnlichen krampfhaften Bewegungen wahrgenommen und der Kopf etwas nach hinten gezogen. Die Section ergab denselben Befund wie im vorigen Falle, ausgenommen, dass das Herz bälder zu schlagen aufhörte.

Diese Versuche machen im höchsten Grade wahrscheinlich, dass Marshall Hall*) sich täuschte, als er bei Verblutung nach durchschnittenem Rückenmark allgemeine Zuckungen eintreten sah und diese auf die Verblutung zurückführte. Wir vermuthen, Hall habe die Verblutung der Durchschneidung alsbald folgen lassen und die bei der Durchschneidung und Reizung des Rückenmarks sich einstellenden und etwas nachdauernden Zuckungen mit Unrecht auf Rechnung des Blutverlustes geschrieben. Wir haben den Versuch Hall's zweimal wiederholt und sind zu Ergebnissen gekommen, die unsere Annahme sehr unterstützen.

1) Wir legten bei einem weiblichen, 1 Jahr alten, grauen, sehr kräftigen und lebhaften Kaninchen den Truncus anonym. bloss und trennten hierauf in der Höhe des dritten Halswirbels das Rücken-

*) Vergl. die Einleitung.

mark, ohne dass mehr als etwa 2 Dr. Blut verloren gegangen wären. Das Thier war mit den Vorderbeinen fest, mit den Hinterbeinen sehr locker angebunden. Während der Durchschneidung und noch etliche Secunden nachher bewegten sich die Hinterbeine in heftigen klonischen Krämpfen und zugleich wurde das Athmen langsam und erschwert. Sobald die Krämpfe gewichen, banden wir das Thier rasch los und zerschnitten den schon bloss gelegten Truncus anonymus. Schwarzes Blut spritzte mit wenig Kraft aus dem Gefässe, die verengten Pupillen erweiterten sich, das Thier starb, ohne in Zuckungen zu gerathen.

2) Wir legten bei einem grauen, sehr kräftigen, erwachsenen, weiblichen Kaninchen den Truncus anon. bloss und trennten hierauf in der Höhe des 4. Brustwirbels das Rückenmark, wobei etwa 1 Dr. Blut verloren ging. Während der Durchschneidung zuckte das ganze Thier heftig und die Zuckungen der Hinterbeine währten auch nachher noch einige Secunden an. Es wurde losgebunden und der Hinterkörper vollkommen gelähmt gefunden. Längstens 3 Minuten nach der Durchschneidung wurde der Truncus anon. angeschnitten und rothes Blut spritzte kräftig daraus hervor. 13 Secunden hernach erfolgten heftige Zuckungen des Vorderkörpers mit Pupillenerweiterung, nachdem starke Iriscontraction und Rückwärtsstreckung des Kopfs vorausgegangen waren. Das Thier that $1^1/_2'$ nach der Verletzung des Gefässes den letzten Athemzug. Der Hinterkörper beharrte trotz der Krämpfe des Vorderkörpers unverändert in derselben Lage und nur nach erfolgtem letzten Athemzuge machte der Schwanz einige leichte zitternde Bewegungen und entleerte die Blase etwas Urin.

Bei beiden Thieren zeigte die Section, dass das Rückenmark vollständig getrennt worden war. Wir bemerken noch, dass das Rückenmark des Kaninchens sehr tief in das Kreuzbein sich herein erstreckt, so dass auch beim zweiten Versuche eine sehr grosse Masse Marksubstanz unverletzt unterhalb des geführten Schnitts erhalten blieb. —

Der hier geführte Beweis, dass der Quell der fallsuchtähnlichen Zuckungen nach Verblutung oder Unterbindung der grossen Halsschlagadern nicht im Rückenmarke zu suchen sei, scheint uns zugleich dafür zu sprechen, dass dieselben nicht in den Bereich der sogenannten Reflexkrämpfe zu ziehen sind, da es sonst nicht wohl zu begreifen wäre, warum sie sich bei Anspruch eines so grossen reflectorischen Heerdes, wie das Rückenmark einer ist, nicht einstellen.

Schliesslich erwähnen wir, dass sich, wenn die Krämpfe in Folge der Verblutung oder Unterbindung der Halsschlagadern ihr Ende erreicht haben, auf reflectorischem Wege durch mechanische Reizung der Innenfläche des Mastdarms öfters noch ausgebreitete Krämpfe erzielen lassen, ebenso durch unmittelbare Ansprache des Rükkenmarks.

X.

Von dem Verfahren zur Bestimmung des Gehirnbezirkes, von dem die allgemeinen Zuckungen bei der Verblutung ausgehen.

Die Lösung der einen Aufgabe, die wir uns gestellt, zu ermitteln, ob die Quelle der allgemeinen Zuckungen bei der Verblutung im Gehirn oder Rückenmark zu suchen, war gelungen. Es galt nun Wege zu finden, die auch die Lösung der zweiten und schwierigeren ermöglichten, nämlich zu bestimmen: von welchen Theilen des Gehirns aus die allgemeinen Zuckungen hervorgerufen würden.

Die Verschliessung einzelner Aeste der carotis interna oder basilaris liesse sich durch indifferente, in den Blutstrom gebrachte Pfröpfe erzielen, dabei bliebe aber erstlich ungewiss, ob die betreffenden Stromgebiete bei dem Reichthum an Anastomosen durch die Verstopfung der Gefässe auch immer hinreichend der Blutzufuhr beraubt würden; zweitens erzeugt der indifferenteste Pfropf örtlich eine gewisse Entzündung, die sich nicht in allen Fällen auf die Gefässwand an der Verstopfungsstelle beschränkt; endlich hängt es nicht von unserem Willen ab, den Ort zu bestimmen, wohin der Embolus gera-

then soll, namentlich ist es unmöglich, was für unsere Zwecke durchaus nothwendig wäre, auf beiden Seiten des Gehirns gleichzeitig dieselben Bezirke des rothen Blutes zu berauben.

Wir wählten deshalb ein anderes Verfahren. Bestimmte Gehirnbezirke wurden ausgeschnitten und die Erfolge der Compression der grossen Kopfschlagadern vor und nach der Ausschneidung mit einander verglichen. Vorausgehen mussten Versuche zur Ermittelung des Einflusses der operativen Nebeneingriffe auf die motorische Kraft, welche die allgemeinen Zuckungen hervorruft. Denn vor allen Dingen musste erwiesen sein, dass diese Eingriffe die motorische Kraft nicht aufhöben oder allzusehr schwächten, wenn die Ausschneidungsmethode Zutrauen verdienen sollte. Nur in diesem Falle durfte aus dem unveränderten Eintreten oder aus dem Wegbleiben der Zuckungen nach der Entfernung eines Gehirntheils mit Sicherheit gefolgert werden, dass dieser die Quelle derselben enthalte oder nicht, und aus einer beträchtlichen Abschwächung darnach mit Wahrscheinlichkeit, dass der entfernte Gehirnbezirk einen Theil der Kraft erzeuge, welche die Zuckungen hervorruft.

Freilich besassen wir kein anderes Mittel, die Stärke der Zukkungen in verschiedenen Anfällen zu vergleichen, als die Schätzung nach dem Augenmaasse. Dieses Maass reicht indess vollkommen zu unseren Zwecken aus, da die Zuckungen bei einigermassen kräftigen Thieren in der Regel binnen einigen Secunden und auch bei wiederholten Compressionsversuchen, wenn sie sich nicht zu rasch folgen und zu lange währen, zugleich so heftig einzutreten pflegen, dass eine Abnahme unter dem Einflusse eines schwächenden Agens nicht zu verkennen ist. Wo aber rücksichtlich des Erfolgs einer Compression Unsicherheit besteht, lässt sich ja durch Wiederholung derselben am gleichen Thiere eine grössere Sicherheit erlangen, und wo sie rücksichtlich der Erfolge einer Ausschneidung statt hat, durch Wiederholung der Ausschneidung an mehreren Thieren und Vergleichung der Ergebnisse mit einander. —

Bei der Ausschneidung von Gehirntheilen sind folgende Eingriffe nicht zu umgehen:

1) Der Schädel wird in grösserem Umfange weggebrochen und das Gehirn dadurch unter andere Druckverhältnisse gebracht;

2) es geht Blut verloren;

3) es fliesst Cerebrospinalflüssigkeit ab;

4) das Gehirn wird abgekühlt.

Was die Wegnahme der Schädeldecken betrifft, so ist sie öfters nicht ohne Einfluss auf die motorische Thätigkeit. Manche Thiere erscheinen darnach allerdings kaum oder gar nicht geschwächt, andere aber verfallen vorübergehend oder längere Zeit, auch wenn die Blutverluste unerheblich ausfielen, in einen Zustand ohnmächtiger Lähmung oder kataleptischer Steifigkeit, worin die Gliedmassen diejenigen Stellungen, die man ihnen anweist, beibehalten. Zuweilen gehen diese Zustände rasch vorüber und die Thiere erholen sich in wenigen Minuten, andere Male dauern sie längere Zeit an. Dieser Einfluss darf indessen bezüglich unserer Frage offenbar für bedeutungslos erklärt werden, denn die Heftigkeit der allgemeinen Zukkungen nach Compression der Halsschlagadern oder der Verblutung erlitt in mehr als 12 Versuchen, wo wir genau darauf achteten, keinen Eintrag. Wir verweisen auch auf die Ergebnisse des früher mitgetheilten Versuches, wo das ganze Schädeldach entfernt wurde und die Verblutung trotzdem von den furchtbarsten Krämpfen begleitet war.

Dasselbe gilt für das Abfliessen der Cerebrospinalflüssigkeit. Oeffnet man die Membrana obturatoria durch einen Einstich und lässt möglichst grosse Mengen des Wassers ausfliessen, wie wir dies 3mal thaten, so erscheinen die Thiere freilich geschwächt, die Zukkungen aber, die man jetzt durch Gehirnanämie erzielt, erreichen den früheren Grad von Heftigkeit.

Die Excision von Gehirntheilen ist immer mit Blutverlusten verbunden. Das Gehirn ist ein ausnehmend blutreiches Organ und was man am Gehirn der Leiche als Blutfülle zu bezeichnen liebt, wäre in der Regel am Gehirn des Lebenden Blutarmuth zu nennen. Man hat indessen Mittel, sich vor erschöpfenden Blutverlusten zu schützen. Erstlich füttere man die Kaninchen nicht einzig mit grünem Futter,

sondern reiche ihnen mehrere Tage lang, ehe man sie zum Versuche benützt, fast ausschliesslich trockenes: Wicken, Hafer u. dgl. Das ohnedies leicht gerinnbare Blut der Kaninchen gewinnt dadurch diese Eigenschaft in noch viel höherem Grade, wie uns vielfache Erfahrung belehrte. Hat man trepanirt, was selten grossen Blutverlust setzt, wenn man vorsichtig verfährt, und ein kleiner ist ganz gleichgültig, so unterbinde man den truncus anonymus auf einem Stückchen weichen Zunders, so dass kein Blut mehr das Rohr passiren kann. Man ist später jederzeit im Stande, mit der Scheere auf dem Zunder den Faden zu zerschneiden, die Ligatur zu lösen und so das Gehirn auf's Neue reichlich zu tränken, ohne befürchten zu müssen, die Arterie zu verletzen. Das Gehirn des Kaninchens erhält durch die eine übrige Vertebralis noch hinreichende Mengen Blut, die Zuckungen brechen bei Compression der linken Subclavia noch immer längere Zeit hindurch mit grösster Heftigkeit aus und man kann jetzt erforderlichen Falls die ganze vordere Abtheilung der Schädelhöhle bis in die Nähe der hintern Vierhügel hin enthirnen, ohne dass nothwendig grosse, erschöpfende Blutungen eintreten müssten. Das Blut, das sich in der Schädelhöhle ansammelt, entfernt man am besten mit Stückchen zarten chirurgischen Feuerschwamms, die man an Pincetten befestigt und einsenkt. Mässige Blutverluste, welche trotzdem stattfinden, sind nicht einmal unerwünscht, da sie eine gewisse Sicherheit vor dem Eintritte von Stauung und Oedem in den Lungen gewähren, wozu die Unterbindung des truncus anonymus sonst leicht Anlass giebt.

Um zu ermitteln, wie der Einfluss grosser und erschöpfender Blutverluste auf die Stärke der Zuckungen bei Compression der Halsarterien sich gestalte (dass kleinere von 2—3 Quentchen gleichgültig seien, war uns schon bekannt), stellten wir folgende 3 Versuche an:

1) Weisses weibliches, wohlgenährtes, etwa 10 Wochen altes Kaninchen, wiegt 1 Pfd. 18½ Loth.

Die linke Subclavia wird unterbunden, der truncus anonymus comprimirt, es brechen heftige Zuckungen aus.

Die rechte Carotis wird unterbunden und oberhalb des Fadens angeschnitten. Anfangs spritzt, später träufelt das Blut hervor. Man entzieht allmälig im Verlauf einer halben Stunde 5 Quentchen Blut. Das Thier wird aufgesetzt, es ist sehr geschwächt, der Bauch ziemlich zusammengefallen, die Pupillen sind sehr weit, der Augengrund indess roth, und das Thier vermag noch aufrecht zu sitzen.

Zehn Minuten später, also 40 Minuten nach dem Beginne des Aderlasses wird der truncus anonymus comprimirt. Das Thier macht einen gewaltigen Satz nach vorn und fällt in heftige Zuckungen. Nach der Lösung des Compressoriums kehrt das Bewusstsein nur langsam wieder.

10 Minuten später erneuter Versuch, dem Thier Blut abzulassen, wobei die linke Carotis unter der Unterbindungsstelle zerreisst, und das Thier unter furchtbaren Zuckungen verblutet. — Wir fingen unterstützt durch den Umstand, dass das Thier an den Vorderbeinen gebunden war, alles Blut auf, was sich entleerte. Im linken Herzen fanden sich nur noch wenige Tropfen. Die ganze Menge des Bluts, welche das Thier bei allen Blutungen verlor, betrug 7½ Q. Der letzte Krampfanfall entstand, als das Thier im Ganzen etwa 6 Q. verloren hatte.

Somit wurden hier trotz eines allmäligen, im Zeitraum einer halben Stunde erfolgenden, grossen und schwächenden Blutverlustes 10′ hernach durch Compression der Kopfschlagadern und 20′ hernach durch Verblutung die heftigsten Krämpfe erzielt, die den früher hervorgebrachten vollkommen gleich kamen.

2) Weisses, weibliches, wohlgenährtes, etwa 10 Wochen altes Kaninchen, wiegt 1 Pfd. 15½ Loth. Mastdarmwärme 39° C. Zimmerwärme 15° C.

Unterbindung der linken Subclavia und Blosslegung des Truncus anonymus, wobei nur wenige Tropfen Blut verloren gehen. Nach der Compression des Truncus anonymus erfolgen binnen 21″ heftige Zuckungen. Nach Aufhebung der Compression bleibt das Thier 19″ lang in einem lähmungsähnlichen Zustand, worauf es plötzlich aufspringt.

10 Uhr 34′. Die Carotis dextra wird unterbunden, oberhalb der Ligaturstelle angestochen und binnen 42′ allmälig ein Loth Blut entleert. Das Thier erscheint um 11 Uhr 20′ sehr geschwächt und erschöpft, sein Bauch ist beträchtlich kleiner und weicher geworden, es hält sich mühsam auf den Beinen. 5′ lang auf die Hinterbeine gestellt, und am Nacken in die Höhe gehalten, fällt es nicht in Zukkungen.

11 Uhr 30′. Compression des Truncus anonymus. Die Zuckungen treten 10″ darnach ein, fallen etwas schwächer als vor der Blutung aus. Das Thier richtet sich 27″ nach Aufhebung der Compression wieder auf.

11 Uhr 55′. Mastdarmwärme 33,4° C., Zimmerwärme 15° C.

12 Uhr 20′ und 12 Uhr 30′. Compression des Truncus anonymus. Die Zuckungen fallen bedeutend schwächer als früher aus und treten das erste Mal nach 9″, das zweite Mal nach 16″ ein. Das Thier richtet sich jedesmal bald nach Lösung der Compression wieder auf, verharrt jedoch noch eine Zeit lang in einem halb gelähmten Zustande.

12 Uhr 33′. Mastdarmwärme 31,6° C., Zimmerwärme 13° C.

1 Uhr 8′. Das Thier wird unruhig und zittert zuweilen, nachdem es bisher sehr ruhig und wie betäubt gelegen hatte.

1 Uhr 16′. Compression. Das Thier wird von sehr kräftigen Zuckungen befallen, die denen vor der Blutung wenig nachstehen.

Das Thier wird jetzt in Pausen von 3—5′ von Anfällen allgemeiner Erschütterung wiederholt heimgesucht, wobei der Kopf nach hinten gezogen wird, die Vorderbeine krampfhaft sich bewegen und der ganze Körper zittert.

1 Uhr 30′. Mastdarmwärme 29° C., Zimmerwärme 13° C.

1 Uhr 55′. Die krampfhaften Bewegungen haben seit 20′ ausgesetzt, der Athem ist tief und langsam geworden (56 Züge in 1′), das Thier ist ruhig und so erschöpft, dass es den Kopf nicht mehr aufrecht halten kann.

2 Uhr 5′. Mastdarm 27,8° C., Zimmerwärme 13°. Das Thier liegt auf der Seite.

2 Uhr 8′. Compression ruft so heftige Zuckungen hervor, dass das Thier vorn übergeschleudert wird und über den Tisch herabfällt. Dieser Anfall ist gleichfalls nur wenig schwächer als der vor dem Blutverluste. Beim Wiedereinströmen des Blutes schreit es und erholt sich sehr schwer.

2 Uhr 16′. Athem 36, tief, seufzend. Mastdarm 27° C. Man tödtet das Thier durch Compression des Truncus anonymus, wobei es einen Anfall von schwachen, aber allgemeinen Zuckungen erleidet.

Wir sehen hier nach einem grossen, allmäligen und sehr schwächenden Blutverluste, welcher binnen 42′ Statt hat, die Zuckungen in der ersten Zeit und eine Stunde nach der Blutung schwächer ausfallen, als vor derselben, nach 3 Stunden aber sehr heftig und selbst nach 3¾ Stunden, obwohl das Thier im höchsten Grade erschöpft erscheint, bedeutend sich gestalten.

3) Weisses, männliches, sehr gut genährtes, fettes, etwa 10 Monate altes Kaninchen, wiegt 2 Pfd. 14 Loth. Mastdarmwärme 40° C.

11 Uhr 15′. Linke Subclavia unterbunden, Truncus anonymus blossgelegt, Compressionsversuch mit gewohntem Erfolge.

11 Uhr 30′. Binnen 6 Minuten werden in der wiederholt beschriebenen Weise 5¼ Q. Blut aus der rechten Carotis entleert. Das Thier ist an den Schleimhäuten bleicher, jedoch noch sehr lebhaft. Der Athem beschleunigte sich während des Aderlasses sehr.

11 Uhr 38′. Compression des Truncus anonymus ruft kräftige Zuckungen hervor, die aber schwächer sind, als die vor dem Aderlasse erzielten. Das Thier erholt sich beim Wiedereinströmen des Blutes langsam, bleibt noch einige Zeit wie ohnmächtig liegen, endlich springt es plötzlich auf. — Es friert viel.

12 Uhr. Ein Compressionsversuch ruft Zuckungen hervor, so heftig wie vor dem Aderlasse.

12 Uhr 10′. Abermals Aderlass von 1 Q. Blut. — Compression erzeugt darauf sehr heftige Zuckungen.

12 Uhr 20′. Aderlass von abermals 1½ Q. rothen Blutes aus der Carotis.

12 Uhr 28′. Die Compression erzielt sehr kräftige Zuckungen.

12 Uhr 38′. Aderlass von 1 Q. Völlige Erschöpfung. Pupillen weit, bleich. Das Thier kann nicht mehr sitzen, es liegt und vermag den Kopf nicht mehr ganz aufrecht zu halten. Der Bauch ist sehr klein und weich geworden.

12 Uhr 45′ und 53′. Die Compression ruft beide Male sehr kräftige Zuckungen hervor, denen ein ausgezeichneter Opisthotonus vorhergeht.

Zwischen den Versuchen bewegt sich das linke Vorderbein zuweilen krampfhaft.

1 Uhr 6′. Das Thier liegt auf der Seite, athmet 120 Mal in 1′. Mastdarm 31,6° C. bei der früheren Zimmerwärme. Es entleert Urin.

1 Uhr 18′. Compression. Das Thier geräth noch immer in Zuckungen, jedoch von beträchtlich verminderter Heftigkeit. Das Compressorium wird entfernt, aber die Zuckungen dauern noch etwas fort, das Thier athmet selten und seufzend, zuckt, pisst und stirbt. Nach dem letzten Athemzuge zucken die Beine nochmals etwas. — Summe des entzogenen Blutes $8^3/_4$ Q.

Trotz der wiederholten und endlich erschöpfenden Blutverluste traten bei zahlreichen Compressionsversuchen sehr heftige Zuckungen ein und nur nach dem ersten Aderlass und wieder bei dem allerletzten Compressionsversuche fielen die Zuckungen beträchtlich schwächer aus als vor der Anschneidung der Carotis.

Diesen Versuchen reihen wir einen vierten an, in welchem wir die Bedeutung der mit der Ausschneidung von Gehirntheilen verbundenen Abkühlung zu bestimmen suchten, die sowohl in Folge der Blutverluste als auch der Blosslegung des Gehirns und der (übrigens möglichst beschränkten) Einwirkung des kalten Wassers behufs der Reinigung eintreten und beträchtlich ausfallen muss.

4) Weisses, weibliches, gut genährtes Kaninchen, etwa 12 Wochen alt; Gewicht 1 Pfd. $30^1/_2$ Loth; Mastdarmwärme 40° C. Zimmerwärme 15° C.

10 Uhr 10′. Die linke Subclavia wird unterbunden, der Truncus anonymus blossgelegt.

10 Uhr 18′. Heftige Zuckungen bei der Compression des Truncus anonymus.

10 Uhr 30′. Abtragung der Schädeldecke des Grosshirns in möglichst weitem Umfang.

10 Uhr 42′—47′. Aderlass aus der rechten Carotis im Betrag von 2 Q. — Das Thier wird aufgesetzt.

10 Uhr 57′. Compression bedingt ebenso heftige Zuckungen wie vor dem Aufbrechen des Schädels.

11 Uhr 15′—20′. Blutentziehung von 1¼ Q. — Das Gehirn wird von 11 U. 12′—11 U. 30′ mit Schnee abgekühlt.

11 Uhr 30′. Compression. Das Thier verfällt in heftige Zukkungen, die mit einem gewaltigen Satze beginnen. — Man setzt die Abkühlung mit Schnee fort.

11 Uhr 36′. Das Thier friert heftig. Man schneidet die Venen der Hirnhäute an und entzieht so noch etwa ¼ Q. Blut. Abermals Abkühlung mit Schnee.

12 Uhr. Compression ruft heftige Zuckungen hervor. Der Schnee wird erneut.

12 Uhr 15′. Entziehung von 1½ Q. rothen Blutes aus der rechten Carotis, bis Zuckungen sich einstellen. Das Thier ist darnach sehr geschwächt (es verlor im Ganzen 5 Q.) und vermag sich nicht mehr aufzurichten. Athem rasch. Abermals Schnee aufgelegt.

12 Uhr 30′. Compression bewirkt Zuckungen, die an Heftigkeit den früheren nachstehen. Mastdarmwärme 36° C., Zimmerw. 15° C. Erneutes Auflegen von Schnee. — Das Thier behält unverändert die Seitenlage bei und athmet langsam.

1 Uhr. Compression ruft einen fallsuchtartigen Anfall hervor, welcher schwächer ausfällt, als die früheren, indess noch immer ziemlich heftig ist. Fortsetzung der Abkühlung mit Schnee.

1 Uhr 45′. Der Truncus anonymus wird unterbunden. Der Kopf wird rückwärts gezogen, die Hinterbeine strecken sich, leichte zukkende Bewegungen der Gliedmassen, Tod. Mastdarmwärme 31,6° C.

Das Gehirn erschien bei der Section ausnehmend bleich und die Schädelhöhle ausserordentlich blutarm. Die Lungen boten nichts Auffallendes.

Es ist gewiss in hohem Grade merkwürdig, dass sich die Fähigkeit, in Zuckungen zu verfallen, überhaupt, und dass sie mit solcher Heftigkeit so lange sich erhielt, obschon das Gehirn des Thieres den Einwirkungen der Kälte beständig ausgesetzt war und gleichzeitig so starke Blutverluste stattgefunden hatten. Anderthalb Stunden nach der Entfernung der Schädeldecken zeigten die Anfälle noch immer eine grosse Heftigkeit und selbst nach 2 Stunden, als das Thier erschöpft sich nicht mehr auf den Beinen zu halten vermochte, brachen sie mit grosser, wenn auch verminderter Gewalt aus. Erst nach 3¼ Stunden, wo das Thier dem Tode nahe, war endlich die motorische Kraft fast gänzlich erloschen.

Die Compression der Kopfschlagadern vermag somit beim Kaninchen auch nach grossen und erschöpfenden Blutverlusten mit und ohne gleichzeitige Entblössung und Abkühlung des Gehirns noch heftige Zuckungen hervorzurufen. Selbst in einem Zeitraum von 1—2 Stunden, wie ihn die Ausschneidungsversuche in Anspruch nehmen, können die Krämpfe in unveränderter Stärke wiederholt erzielt werden. Dies Verhalten ist aber kein ganz beständiges, zuweilen fallen die Zuckungen auch geringer aus, ohne dass sich ein bestimmtes Gesetz dafür auffinden lässt.

Wir beschlossen deshalb, um möglichst sicher zu gehen, nur kräftige Thiere zu benützen und nur solchen Ausschneidungsversuchen Werth und Beweiskraft zuzugestehen, wo die unvermeidliche Blutung mässig ausfiele, im Ganzen bei jungen Thieren von 10—20 Wochen nicht 2, bei älteren nicht 3—4 Quentchen überstiege (was sich bei einiger Uebung annäherungsweise schätzen lässt) und Erscheinungen von allgemeiner Blutarmuth (Blässe der Schleimhäute, Weichheit und Verkleinerung des Bauchs) nicht einträten. Wir liessen ferner zwischen die einzelnen Operations- und Compressionsacte kleinere oder grössere Pausen fallen, damit den Thieren, wenn irgend möglich, Zeit zur Erholung gegeben würde. Die Compression wurde an demselben Individuum in grösseren Zwischenzeiten einige Male wiederholt, um die Ergebnisse der einen durch die der andern zu controliren, der Tod schliesslich öfters auch durch Verblutung (An-

schneidung des truncus anonymus) statt durch Unterbindung herbeigeführt. In der Regel machten wir die ersten Compressionsversuche an der linken Subclavia bei fortdauernd geschlossenem Truncus anonymus, später aber wurde dieser geöffnet, um das Gehirn reichlicher speisen zu lassen, was meist Blutergüsse in die Schädelhöhle, jedoch selten grosse, zur Folge hatte, sodann nach einiger Zeit die linke Subclavia unterbunden und nun in bequemerer Weise am Truncus anonymus die Compression wiederholt.

XI.

Von der Bedeutung der einzelnen Gehirntheile für das Zustandekommen der allgemeinen Zuckungen bei der Entziehung des rothen Blutes.

Von 20 und einigen Versuchen, die wir zur Ermittelung der Quelle der allgemeinen Zuckungen anstellten, durften wir 15 nach den im vorigen Abschnitte entwickelten Grundsätzen als gelungene und entscheidende ansehen. Ihr Hauptergebniss lässt sich dahin zusammenfassen, dass die allgemeinen Zuckungen bei Verblutung oder Verschliessung der grossen Halsschlagadern nicht von den nichtexcitabeln, sondern von den excitabeln Theilen des Gehirns ausgehen. Unsere Versuche am Kaninchen führen somit zu demselben Gesetze, welches die Untersuchungen des 6. Abschnittes für den Menschen mit Wahrscheinlichkeit feststellten. Die Zuckungen bei den fallsuchtartigen Anfällen nach der Entziehung des rothen Blutes gehen nicht vom eigentlichen Grosshirn aus, sondern es sind hinter den Sehhügeln gelegene motorische Centralheerde, welche durch rasch aufgehobene Ernährung in Erregung gesetzt werden.

Zahlreiche Versuche belehrten uns, dass grosse Stücke einer und beider Grosshirnhalbkugeln weggenommen werden dürfen, ohne dass die Stärke der Zuckungen irgend welche Beeinträchtigung erfährt, sechs vorzüglich gelungene gaben uns volle Gewissheit:

1) dass die Entfernung einer oder

2) beider Grosshirnhalbkugeln mit dem Balken,

3) des Gewölbes und der vordern Commissur, sowie der Ammonshörner,

4) der gestreiften Körper,

5) des Hirnanhangs mit dem grössten Theil des Tuber cinereum, und

6) der Zirbeldrüse

ohne allen Einfluss auf das Zustandekommen und die Stärke der allgemeinen Zuckungen sich erweisen. In diesen Theilen ist die motorische Kraftquelle nicht zu suchen.

Hinsichtlich der Sehhügel belehrten uns vier wohlgelungene Versuche, dass man von den oberflächlichen nicht excitabeln Theilen derselben, sowohl von der dem 3. Ventrikel zugewendeten, grauen Belegmasse, als der weissen Substanz des auswärts gekehrten Polsters und der Corpora geniculata zusammt dem tractus opticus beiderseits ansehnliche Stücke abtragen dürfe, ohne dass die Stärke der Zuckungen merklich abnehme, dass dies aber geschehe, sobald man die excitabeln, tiefer gelegenen Theile verletze und Stücke davon entferne.

Werden die Grosshirnschenkel in grossen Stücken oder fast gänzlich mit den vordern Vierhügeln bis an die Brücke hin entfernt, so wird das Vermögen der Thiere, bei Blutentziehung in Zuckungen zu verfallen, keineswegs aufgehoben, wohl aber sehr geschwächt, und die Krämpfe beschränken sich zuweilen auf die Hinterbeine, — wie uns gleichfalls vier Versuche anzunehmen berechtigen.

Ein Versuch endlich scheint uns dafür zu sprechen, dass die Entfernung excitabler Kleinhirnstücke gleichfalls die Stärke der Zukkungen herabsetzt.

Wir unterlassen die ausführliche Mittheilung aller von uns angestellten Versuche und beschränken uns, um nicht zu weitläufig zu werden und Wiederholungen zu meiden, auf die genauere Beschreibung der ausgezeichnetsten und beweiskräftigsten.

Versuch 1. Ausschneidung des Grosshirns bis an die Sehhügel. Die Krämpfe veranlassen vorzeitige Geburt. Grosses, weisses, weibliches Kaninchen, wiegt 3¼ Pfd.

3 U. 40′. Die Schlagadern des Halses werden blossgelegt.

3 U. 50′. Die Isolation des Truncus anonymus und der linken Subcl. ist beendigt und diese Gefässe sind mit Fäden umschlungen. Kein Blutverlust. Das Thier wird aufgesetzt und ist munter.

3 U. 55′. Compression der Schlagadern bedingt in wenigen Secunden allgemeine heftige Zuckungen.

4 U. Die Schädeldecke wird im vordern Umfang unter mässigem Blutverluste weggebrochen, der Truncus anonym. auf einem Stückchen Zunder unterbunden und um

4 U. 17′ die Dura mater abgetragen. Die ganze Menge des verlorenen Blutes beträgt bis jetzt etwa 1½ Q. Das Thier ist wenig angegriffen, zeigt keinerlei Betäubungs- oder Lähmungserscheinungen.

4 U. 21′. Die linke Subcl. wird comprimirt; nach 6″ heftige allgemeine Zuckungen.

4 U. 24′. Die Enthirnung wird mit Löffel und Scheere vorgenommen und um

4 U. 28′ sind, wie später die Section bestätigt, beide Halbkugeln des Grosshirns, der Balken, das Gewölbe und die beiden gestreiften Körper vollständig entfernt. Der Tractus opticus und die Sehnerven sind beiderseits wohl erhalten, desgleichen das Tuber cinereum. Der Schnitt wurde genau an der vordern Grenze der Sehhügel nach abwärts entlang den Sehnerven geführt. Die Glandula pinealis ist abgerissen. Das Thier macht während der Enthirnung (es ist nicht gebunden) keine Zuckung und keinen Fluchtversuch, es verräth keine Spur von Schmerzempfindung, erscheint aber in hohem Grade betäubt und sinkt zusammen. Auf die Beine gestellt vermag es sich indessen noch darauf zu halten, jedoch nicht mehr mit der früheren Kraft, und auf den Boden gebracht verharrt es ruhig halbzusammengesunken, ohne Fluchtversuche zu machen. Der Blutverlust während der Enthirnung ist äusserst unbeträchtlich, vielleicht in Allem ½ Q. In den vordern Schädelgruben sammeln sich allmälig einige Tropfen Blut.

4 U. 32′. Compression der linken Subcl. Nach 5″ erfolgen starke convulsivische Stösse; die Compression wird aufgehoben, das Thier versinkt auf's Neue in einen ohnmächtigen Zustand.

4 U. 37′. Compression der linken Subcl. Nach 5″ beginnt ein heftiger Krampfanfall, in welchem das Thier vorzeitig zu gebären beginnt und 2 Früchte austreibt, von denen die eine Athemversuche macht. Das Thier stösst mit dem Nachlassen der Compression während des Gebäractes leise Wehlaute aus.

4 U. 40′. Man öffnet die Ligatur des Truncus anonymus und lässt das Gehirn reichlicher mit Blut tränken, der Augengrund färbt sich beiderseits dunkler, es geht sehr wenig Blut im Schädel verloren, das Thier erwacht indess aus seinem ohnmachtähnlichen Zustande nicht.

4 U. 48′. Der Truncus anonymus wird angeschnitten und das Thier verblutet. Nach 70″ erfolgen die heftigsten allgemeinen Zukkungen, so dass das Thier über den Tisch heruntergeschleudert wird und auf dem Boden 50″ lang sich in Krämpfen umherwälzt.

4 U. 50′ erfolgen die letzten Athemzüge.

Nicht ein Tropfen Blut zeigt sich unter die Brücke oder die medulla oblongata ergossen. Kein Pneumothorax, kein Lungenödem. In den Hörnern des Uterus finden sich noch 3 Früchte.

Zeugen dieses Versuchs waren die Herren Pagenstecher Dr. med., Schiel Dr. phil. und Reichert Stud. med. Ganz wie beim menschlichen Weibe die Eclampsia gravidarum vorzeitige Geburt bedingt und so zur Eclampsia parturientium wird, sahen wir hier beim schwangern Thiere unter dem Einflusse des versuchsmässig erzielten fallsuchtartigen Anfalls vorzeitige Geburt erfolgen.

Versuch 2. Ausschneidung des Grosshirns bis an die Sehhügel. Weisses, männliches, etwa ein 1 Jahr altes, sehr kräftiges Kaninchen, wiegt 2 Pfd. 18 Loth.

10 Uhr 15′. Die grossen Halsschlagadern sind isolirt und mit Schnüren umschlungen. Kein Blutverlust. Compression erzeugt binnen 6″ heftige Zuckungen.

10 Uhr 30′. Die vordere Schädeldecke wird in grossem Umfange weggebrochen und die Dura mater abgetragen, ohne bemerkenswerthen Blutverlust. Das Thier erscheint darnach etwas betäubt und gelähmt.

10 Uhr 40′. Compression ruft binnen 6″ heftige allgemeine Zuckungen hervor.

10 Uhr 43′. Unterbindung des Truncus anonymus auf Zunder.

10 Uhr 45′. Das rechte Grosshirn wird bis zum vorderen Rande des Sehhügels vollständig weggeschnitten. Ziemliche Blutung. Das Thier erscheint noch betäubter und schwächer als zuvor.

10 Uhr 50′. Compression der linken Subclavia. Das Thier wird binnen wenigen Secunden von so heftigen Zuckungen befallen, dass es über den Tisch weggeschleudert wird.

10 Uhr 54′. Auch die linke Grosshirnhälfte wird genau bis an den Sehhügel abgetragen. Mässige Blutung. Das Thier hat im Ganzen bis jetzt höchstens 2 Q. Blut verloren. Der Schnitt geht durch den Tractus opticus beiderseits, fällt durch das Tuber cinereum nach abwärts und trennt den Hirnanhang. Das Thier gab keinen Schmerzenslaut von sich und zuckte nicht Ein Mal. Dagegen ist es vollkommen gelähmt, es bleibt auf dem Bauche liegen und macht keinen Versuch zu entrinnen. Die Gliedmassen nehmen jede Stellung an, die man ihnen anweist.

11 Uhr. Compression der linken Subclavia. Allgemeine heftige Zuckungen. Eröffnung des Truncus anonymus; der Augengrund färbt sich dunkelroth. Das Thier verliert aber im Verlaufe der nächsten 20 Minuten noch etwa 1 Q. Blut.

11 Uhr 10′. Truncus anonymus und Subclavia sin. werden unterbunden, das Thier verfällt rasch in furchtbare und allgemeine Zuckungen, welche 1½′ währen und gegen Ende von tetanischen Stössen unterbrochen werden. Am Schluss des Anfalls schreit das Thier laut, entleert Urin und beginnt später rasch zu athmen, bis das Athmen um 11 Uhr 20′ langsamer wird.

11 Uhr 21′ wird ein Thermometer in den Mastdarm eingeführt, worauf abermals allgemeine heftige klonische Zuckungen aus-

brechen und die Hinterbeine schliesslich in tetanische Starre gerathen.

11 Uhr 23′. Die Athemzüge sind erloschen. Man reizt die Kleinhirnschenkel mit einem Skalpell, worauf abermals ein heftiges, allgemeines Zucken erfolgt.

Auch hier hatte sich kein Blut unter die Brücke oder Medulla oblongata ergossen und die Lungen waren wohl stellenweise hyperämisch, aber nirgends ödematös.

Versuch 3. Ausschneidung des Grosshirns und der Sehhügel bis an die Grenze der excitabeln Bezirke. Weisses, weibliches, 10—12 Wochen altes Kaninchen, wiegt 1 Pfd. 21½ Loth.

11 Uhr 25′. Die Schlagadern des Halses sind ohne Blutverluste blossgelegt und werden mit Fäden umschlungen.

11 Uhr 36′. Der Schädel wird geöffnet, die Dura mater abgetragen, das Thier verliert mässig Blut und geräth in einen Zustand von Schwäche, welcher andauert.

11 Uhr 45′. Der Truncus anonymus wird auf Zunder unterbunden, die linke Subclavia comprimirt, heftige Zuckungen brechen aus.

12 Uhr. Das Grosshirn wird vor den Sehhügeln vollständig weggeschnitten, und diese werden hierauf mit einem scharfen Scheerchen schichtenweise von aussen, oben und vorne gegen innen und unten zu abgetragen, bis man zu excitabeln Theilen vordringt, was sich durch ein Zusammenzucken des Thiers bemerklich macht. So werden die graue Belegmasse der Sehhügel, die weissen seitlichen Erhöhungen (Polster u. s. w.) sammt dem Tractus opticus beiderseits abgetragen. An der Hirnbasis fällt die Schnittfläche durch die Mitte des Tuber cinereum.

Der Blutverlust beträgt 1½—2 Q. Das Thier wird blind, die Pupillen erweitern sich ausnehmend (Oculomotorii und Quinti sind unverletzt, wie die Section zeigt), es nimmt eine abenteuerliche Stellung ein, welche verräth, dass es des freien Gebrauchs seiner Gliedmassen nicht mehr mächtig ist. Das eine Vorderbein ist gestreckt, das andere gebeugt, und die Hinterbeine sind weit unter den Bauch vorgezogen. Fasst man das Thier an, so macht es rasch

einige erfolglose Bewegungen, als versuche es zu entrinnen. Es hält sich, auf die Beine gestellt, nur mit Mühe aufrecht und sinkt später auf die Seite. Athem gleichmässig, 96 Mal in 1 Minute.

12 Uhr 8′. Die Compression ruft sehr kräftige allgemeine Zukkungen hervor, die kaum schwächer ausfallen als zuvor. Nachher bleibt das Thier ruhig auf der Seite liegen.

12 Uhr 20′. Compression. Die Zuckungen erfolgen wieder lebhaft und halten auch beim Wiedereinströmen des Blutes noch einige Secunden an.

12 Uhr 30′. Die Ligatur des Tr. anon. wird gelöst, ohne dass eine merkliche Blutung im Schädel erfolgt. Der Augengrund färbt sich dunkelroth. Das Thier springt nach kurzer Zeit auf einmal auf, sinkt aber dann wieder in den Vorderbeinen zusammen, während es sich auf den Hinterbeinen erhält. Der Athem wird tiefer und allmälig sehr erschwert (vielleicht Folge von Druck ergossenen Blutes, welches allmälig aut dem Schädelgrund zur Medulla oblong. dringt).

12 Uhr 38′. Die Schlagadern werden unterbunden, das Thier stirbt unter schwachen und kurz dauernden, aber allgemeinen Zukkungen.

Unter Brücke und Medulla oblongata finden sich Blutgerinnsel. Kein Pneumothorax. Die Lungen zeigen etliche linsengrosse, verdichtete, dunkelbraune und mehrere hyperämische Stellen, sind aber nicht ödematös, das Herz schlägt noch um 1 Uhr 30′.

Versuch 4. Ganz ähnliche Ergebnisse hatte ein in derselben Form angestellter Versuch bei einem männlichen Kaninchen, das 1 Pfd. 30 Loth wog.

Versuch 5. Ausschneidung des Grosshirns, eines Theils der Sehhügel und leichte Verletzung des Grosshirnschenkels der rechten Seite. Grosses, kräftiges, weisses, weibliches Kaninchen, welches vor etwa 14 Tagen warf, aber nicht stillt, wiegt 3 Pfd. 5 Loth.

3 Uhr 7′. Die Halsarterien werden blossgelegt.

3 Uhr 30′. Sie sind mit Fäden umschlungen, das Thier wird aufgesetzt.

3 Uhr 34′. Compression der Schlagadern ruft nach 9″ mässig starke allgemeine Zuckungen hervor.

3 Uhr 59. Der Schädel wird im vorderen Umfange aufgebrochen. Das Thier erscheint darnach nicht betäubt, die Blutung ist gering.

4 Uhr 6′. Der Truncus anonymus wird unterbunden, und die Dura mater abgetragen.

4 Uhr 16′. Compression der linken Subclavia bedingt mässig starke Zuckungen binnen 10″. Das Thier erholt sich langsam.

4 Uhr 21′. Das Grosshirn wird vor den Sehhügeln weggenommen, der Tractus opticus beiderseits sammt den weissen Höckern am äussern und hintern Theile der Sehhügel, sowie ein Theil der grauen Belegmasse am innern, entfernt, und nach abwärts geht der Schnitt durch das hintere Drittheil des Tuber cinereum. Rechterseits dringt er unter heftigem Zucken des Thieres in der Nähe der Mittellinie etwas weiter nach hinten ein als links, worauf das Thier seinen Kopf beharrlich rechts dreht und das linke Bein anfangs etwas mehr gestreckt hält, von jetzt an auch wiederholt und plötzlich mit vieler Kraft zu entrinnen versucht, während es vorher in einem Zustande ruhiger Betäubung zu sein schien. Man setzt es auf den Boden, wo es ruhiger wird, gescheucht davon springt und bald grössere, bald kleinere Bögen rechts herum beschreibt. Der Blutverlust ist gering, beträgt im Ganzen etwa 2 Quentchen.

4 Uhr 36′. Man öffnet den Truncus anonymus, was eine sehr unerhebliche Blutung im Schädel bedingt.

4 Uhr 41′. Unterbindung der linken Subclavia.

4 Uhr 42′. Compression des Truncus anonymus. Fast augenblicklich erfolgen mässig starke und allgemeine Zuckungen. Beim Wiederöffnen der Carotis verliert das Thier etwa ½ Q. Blut aus der Schädelhöhle.

4 Uhr 48′. Compression. Nach 15″ heftige Zuckungen.

4 Uhr 50′. Das Thier läuft, auf den Boden gestellt, noch immer rasch im Bogen durch's Zimmer und versucht zu entrinnen.

4 Uhr 55′. Der Truncus anonymus wird angeschnitten.

Nach 30″ erfolgen allgemeine lang dauernde und so kräftige Zuckungen, dass nicht wohl angenommen werden darf, mit den ausgeschnittenen Gehirntheilen sei ein irgendwie erheblicher Theil der motorischen Kraftquelle entfernt worden. 2′ 10″ nach dem Einschnitt in den Truncus anonymus erfolgt der letzte Athemzug.

Unter Brücke und Medulla oblongata kein Bluterguss. Kein Lungenödem oder Pneumothorax. Der rechte untere Lungenlappen stellenweise blauröthlich, aber lufthaltig.

Versuch 6. Ausschneidung des Grosshirns, des vorderen Theils der Sehhügel, des Hirnanhangs, und eines kleinen Theils des rechten Grosshirnschenkels. Weisses, weibliches, etwas mageres, etwa 12 Wochen altes Kaninchen, wiegt 1½ Pfund.

10 Uhr 50′. Die Blosslegung der Halsgefässe ist beendet, wobei das Thier einen kleinen arteriellen Blutverlust hatte. Compression bedingt lebhafte Zuckungen.

11 Uhr 3′. Der Truncus anonymus wird unterbunden, der Schädel aufgebrochen und das Gehirn blossgelegt, wobei mehr als gewöhnlich Wasser abfliesst, aber sehr wenig Blut verloren geht. Das Thier erscheint geschwächt, der Augengrund beiderseits sehr blass. Die Grosshirnhalbkugeln werden bis zu den Sehhügeln entfernt, ohne Aeusserung von Schmerz oder Zuckungen.

11 Uhr 8′. Mitten durch den rechten Sehhügel wird ein Schnitt nach vorn und unten geführt, worauf das an den Vorderbeinen gebundene Thier mit dem linken Hinterbeine lebhaft zuckt. Ebenso wird auch durch den linken Sehhügel ein Schnitt in ähnlicher Richtung geführt, jedoch etwas mehr nach vorn, was das Thier ruhig erträgt. Die Polster und der hintere Theil des Tract. opt. bleiben erhalten. An der Basis trennt der Schnitt das Tuber cinereum ganz ab vor dem Corp. candicans. Rechts dringt der Schnitt weiter nach hinten als links, bis in den vorderen Theil des Grosshirnschenkels. — Die Blutung war gering.

Das Thier wird losgebunden, es vermag sich aufgesetzt nicht auf den Beinen zu halten. Das linke Vorderbein ist tetanisch ge-

streckt, die drei andern Beine sind lahm, es ist unvermögend, den Kopf aufrecht zu tragen. Wenn man es anfasst, so macht es Versuche mit den Hinterbeinen und dem rechten Vorderbeine zu entfliehen, aber es kommt nicht von der Stelle.

11 Uhr 16′. Das Thier hat sich mehr erholt. Es hat die Hinterbeine wieder an den Leib gezogen und sitzt auf. Es vermag sich, wenn es angefasst wird und zu entfliehen versucht, vorwärts zu bewegen, wobei das linke dauernd gestreckte Vorderbein indess sehr hinderlich ist. Das Athmen geschieht ruhig und gleichmässig, 75 Mal in 1′.

11 Uhr 20′. Compression der linken Subclavia. Es treten ziemlich lebhafte, jedoch schwächere Zuckungen als vor der Enthirnung ein. Die Zuckungen sind an den Hinterbeinen stärker als an den Vorderbeinen. Beim Wiedereinströmen des Blutes erschlafft das tetanisch gestreckte linke Vorderbein kurze Zeit.

11 Uhr 23′. Um das Gehirn besser zu ernähren, wird die Unterbindung des Truncus anonymus aufgehoben. Darauf erfolgt eine starke Blutung in die Schädelhöhle, die jedoch bald sich stillt. Das Thier athmet 100 Mal in der Minute. — Die ganze Menge des seit Beginn des Versuchs verlorenen Bluts beträgt etwa 3 Q.

11 Uhr 27′. Das Thier liegt ruhig auf der Seite. Beim Anlassen springt es auf und bleibt aufrecht sitzen. Das linke Vorderbein ist noch immer steif.

11 Uhr 30′. Die linke Subclavia wird unterbunden.

11 Uhr 31′. Compression des Truncus anonymus. Allgemeine und lebhafte Zuckungen erfolgen in allen Beinen. Die Zuckungen sind stärker als bei dem vorausgegangenen Versuche, schwächer als vor der Enthirnung. Als dem Blutstrom wieder freier Durchgang durch den Truncus anonymus gestattet wird, weichen nicht allein die klonischen Krämpfe, auch die Steifigkeit des linken Vorderbeins erlischt, aber diese kehrt bald wieder. Das Thier verliert abermals etwa 1 Q. Blut und bleibt geschwächt auf der rechten Seite liegen, sehr schnell athmend.

11 Uhr 36′. Es stellt sich wiederholt ein leichtes Zucken im linken gestreckten Vorderbeine ein.

11 Uhr 41′. Verblutung durch Anstechen des Truncus anonymus. Tod ohne Zuckungen, nur eine Art von Hautschauer war bemerkbar. Man wägt das zuletzt aufgefangene rothe Blut — es beträgt 3 Q.

Blutgerinnsel unter der Brücke und Med. oblong. Weder Lungenödem, noch Pneumothorax aufzufinden.

Versuch 7—10. Ausschneidung der Sehhügel, Hirnschenkel und eines Theils der vorderen Vierhügel.

Vier Thieren wurden nach Ausschneidung des Grosshirns bis zu den Sehhügeln hin grössere Stücke excitabler Gehirnsubstanz entfernt, ohne dass erschöpfende Blutverluste eingetreten wären: dem einen ½ Jahr alten der grösste Theil der Sehhügel und der Grosshirnschenkel mit dem Corpus mammillare; einem andern 1 Jahr alten, die Sehhügel vollständig mit dem Grosshirnschenkel bis in die Nähe der Brücke; einem dritten und vierten von 2—3 Jahren (und diese verloren namentlich wenig Blut) die Sehhügel, der vordere Theil der Testes und die Grosshirnschenkel bis hart an die Brücke. Alle fielen in Opisthotonus, welcher von einzelnen Anfällen klonischer, allgemeiner Krämpfe in unbestimmten, zuweilen 10′ betragenden Zwischenzeiten unterbrochen wurde; Compressionsversuche der linken Subclavia, die bei jedem der Thiere, um uns möglichst vor Irrthum zu schützen, mehrmals wiederholt wurden, hatten in allen Fällen unmittelbare klonische Zuckungen zur Folge. Strömte dann das Blut wieder auf's Neue in's Gehirn, so wurden nicht nur die klonischen Krämpfe, sondern auch in der Regel der Opisthotonus auf kurze Zeit beseitigt. Diese Aufhebung des tetanischen Zustandes nach Entfernung der Compression ist etwa nicht den häufig dieselbe begleitenden Blutverlusten zuzuschreiben, sondern auf Rechnung der arteriellen Wallung zu setzen, da sie auch da erfolgte, wo kein Blut verloren ging.

Die klonischen Krämpfe nach Compression der Subclavia fielen nicht schwächer aus, als die von selbst sich einstellenden, immer aber weniger stark als die vor der Enthirnung erzielten, und die, welche gleich nach und in Folge der Durchschneidung der Hirn-

schenkel erfolgten. Bei einem der Thiere, dem der Schnitt durch die Testes bis zur Varolsbrücke ging, waren darnach sehr heftige, allgemeine, klonische Zuckungen erfolgt, die in Opisthotonus übergingen und in den ersten 10′ sich, schwächer werdend, wiederholten. Nachdem 13′ lang der tetanische Zustand unverändert gewährt, wurde die Subclavia comprimirt und es traten nur schwache Zukkungen der Hinterbeine ein. 20′ nach diesem Versuch wurde das Thier durch Unterbindung der Subclavia getödtet und jetzt verfiel es in allgemeine und auffallend lebhafte Zuckungen.

Versuch 11. Abtragung eines grossen Theils des Kleinhirns. Weisses, männliches, etwa 11 Wochen altes Kaninchen, wiegt 1 Pfd. 20 Loth.

10¼ Uhr. Die grossen Schlagadern des Halses werden ohne Blutverlust blossgelegt. Das Thier verfällt durch Compression in heftige Zuckungen.

11 Uhr. Das Kleinhirn wird in grossem Umfange blossgelegt, wobei das Thier viel Blut verliert, etwa 2 Q. Der Truncus anonymus ist nicht unterbunden. Man schneidet grosse Stücke der Halbkugeln ab, ohne dass das Thier zuckt, bis man in die Nähe der Kleinhirnschenkel kömmt. Das Thier wird unvermögend sich auf den Beinen zu halten und des freien Gebrauchs der Gliedmassen beraubt. Die Beine zeigen eine gewisse Steifigkeit und leisten unseren Versuchen, sie zu bewegen, Widerstand; die vorderen sind mehr gestreckt, die hinteren gebogen. Als man das Thier aufstellen will, fällt es um, bricht in klonische Krämpfe aus und geräth dann in den früheren Zustand von steifer Unbeweglichkeit.

Nach einigen Minuten comprimirt man die Gefässe. Die Steifigkeit der Gliedmassen schwindet und allgemeine Zuckungen von beträchtlicher Stärke brechen aus. Beim Wiedereinströmen des Bluts dauern sie noch einige Secunden fort. Der Körper fällt in allgemeine Erschlaffung, bis nach einer Minute ohngefähr die steife Streckung der Vorder- und die Contractur der Hinterbeine von Neuem Platz greift.

Die ganze Decke des vierten Ventrikels wird nun entfernt bis auf ein kleines Stückchen, welches hinter den Vierhügeln eine Art

schmaler Commissur darstellt, und die Halbkugeln werden bis auf die äussersten in den Nischen der Hinterhauptbeine versteckten Lappen grösstentheils entfernt, wobei das Thier abermals viel Blut (etwa 1½ Q.) verliert und wenn man an die Kleinhirnschenkel kömmt, stark zuckt. Darauf bleibt es mit gestreckten steifen Beinen ruhig liegen, vermag jedoch den Kopf aufrecht zu tragen.

Eine Compression der Schlagadern bewirkt keine Zuckung mehr, wohl aber schwindet die Steifigkeit, die Beine werden ganz schlaff, die Athmung hört auf, die bleichen Pupillen werden eng, später weit. Beim Wiedereinströmen einige leichte Zuckungen der Hinterbeine, später erneute Steifigkeit der Beine.

Man lässt das Thier 20′ lang ruhen. Barthaare, Mund und Nasenmuskeln zucken fast unablässig; Athem leicht, oberflächlich.

11 Uhr 48′. Compression, ohne dass Zuckungen eintreten, wohl aber lässt die Steifigkeit nach und die Athmung erlischt. Beim erneuten Einströmen des Blutes erfolgt ein leichtes Zucken der Hinterbeine.

12 Uhr 20′. Compression mit demselben Ergebnisse.

Will man das Thier aufsetzen, so sucht es Bewegungen vorzunehmen, was ihm nicht gelingt; das Bewusstsein scheint nicht aufgehoben.

12 Uhr 30′. Unvermuthet brechen ohne vorausgegangene Compression oder Reizung heftige klonische Zuckungen mit Zähneknirschen aus, dauern etwa 1½′ lang an, worauf die Gliedmassen wieder steif und gestreckt werden.

Reizt man mechanisch den Mund oder die Beine des Thieres, so bricht es jetzt sofort in Zuckungen aus; ein Compressionsversuch aber bleibt ohne Erfolg, obwohl er bis zum Aussetzen der Athmung fortgesetzt wird. Das Thier verfällt darnach abermals in den Zustand von Steifigkeit.

1 Uhr 10′. Heftiges Zähneknirschen, Zucken der Gesichtsmuskeln und Vorderbeine.

Reizung des Mundes ruft einen heftigen Anfall von allgemeinen Zuckungen hervor.

1 Uhr 15′. Compression der Gefässe bewirkt einen Anfall von Krämpfen mit allen den Eigenthümlichkeiten, wie sie dem bei der Verblutung eintretenden zukommen. Insbesondere ist die Rückwärtsdrehung des Kopfes zu Anfang und die opisthotonische Streckung der Hinterbeine zu Ende des Anfalles sehr ausgesprochen, was zuvor bei den von selbst eingetretenen oder durch Reflex erzielten Krampfanfällen nicht in gleichem Maasse geschah.

1 Uhr 20′. Mechanische Reizung von Mund und Beinen ruft keine Zuckung hervor.

1 Uhr 25′. Unterbindung der Gefässe und Tod unter mässig starken allgemeinen Zuckungen von der eben beschriebenen Form.

Der Boden des vierten Ventrikels ist unverletzt, enthält etwas geronnenes Blut. Kein Lungenödem.

Wir theilen diesen Versuch, der des Räthselhaften Vieles bietet, ausführlich mit, obwohl er nur beschränkten Werth besitzt, der starken Blutverluste wegen, die ihn begleiteten, bei Blosslegung des Kleinhirns aber schwer zu vermeiden sind. Wir theilen ihn mit, weil wir keinen andern von Ausschneidung des Kleinhirns besitzen, und offen gestanden, weil wir die Abneigung, einen so grausamen Versuch zu wiederholen, bis jetzt nicht überwinden konnten.

XII.

Ueber die Nervenheerde, auf welche die Erscheinungen der fallsüchtigen Anfälle zurückzuführen sind.

Als die wesentlichen Merkmale eines vollständigen fallsüchtigen Anfalls gelten: Bewusstlosigkeit, Unempfindlichkeit und allgemeine tonisch-klonische Krämpfe. Verläuft der Zustand, aus dem die Anfälle hervorgehen, fieberlos und chronisch, so wird er Epilepsie genannt, andernfalls Eclampsie.

Zwischen den Anfällen finden häufig, und dies ist namentlich in der Epilepsie anfangs der Fall, keine oder unerhebliche oder doch nicht andauernde Störungen des Bewusstseins, der Empfindung und Bewegung statt.

Neben vollständig entwickelten Anfällen der Epilepsie sieht man sich gezwungen, unvollständig ausgebildete anzunehmen. Während dort Bewusstsein und Empfindung gänzlich erloschen sind und die Krämpfe in der bekannten Weise sämmtliche Muskeln ergreifen, kommt es hier nur zu Schwindel und Taumel (epileptischem Schwindel) oder doch nur zum Umsinken mit leichtem Erzittern und vorübergehender, stärkerer Erschütterung des ganzen Körpers oder auf einzelne Muskelgruppen beschränkten Krämpfen (partieller Epilepsie).

Soviel ist vorauszuschicken, ehe wir zu den Betrachtungen über Ursprung und Wesen der Fallsucht, die uns in diesem Theil unsrer Abhandlung beschäftigen sollen, übergehen können.

Die seit den ältesten Zeiten der Medicin vielfach erhobene Frage nach dem (sehr unpassend s. g.) Sitze der Fallsucht zerfällt offenbar in zwei Hälften, die verschiedene Reihen von Untersuchungen erfordern. Zuerst hat man nach den Nervenheerden zu forschen, auf welche die Erscheinungen des fallsüchtigen Anfalls zurückzuführen sind. Ist diese Aufgabe gelöst, so bleibt zu ermitteln, ob die Veränderungen jener Nervenheerde, aus denen die Symptome des Anfalls hervorgehen, einen weiteren, einheitlichen Ausgangspunkt in den Centren des Nervensystems besitzen, und wenn dies der Fall, wo er gesucht werden müsse. Auf diesen zweiten Theil der Frage einzugehen, ist uns erst dann gestattet, wenn wir über das Wesen der Fallsucht selbst, d. h. über die ihr zu Grunde liegenden Veränderungen der centralen Nervenmassen, einige Kenntniss gewonnen haben.

Der fallsüchtige Anfall muss immer zunächst aus Veränderungen hervorgehen, welche rasch und gleichzeitig das Organ des Bewusstseins, das Sensorium commune und die centralen Organe der Bewegung treffen. Den nächsten Heerd der Anfälle in diesem oder jenem Theil des Gehirns oder im Rückenmark allein finden zu wollen, ist so lange ungerechtfertigt, als nicht nachgewiesen ist, dass einer der genannten Theile den anatomischen Mittelpunkt des Bewusstseins, der Empfindung und der Motilität enthalte. Wer glaubt aber noch

heut zu Tage, dass es im Gehirn eine einzelne umschriebene Stelle gebe, einen „Nodus animæ", wo alle Empfindungen zusammenstrahlen, von dem alle willkürlichen Bewegungen ausgehen und wo die Einheit des Bewusstseins gewonnen wird, wie etwa im Nodus vitæ die Feder verborgen liegt, die das Uhrwerk der Athmung im Gang hält? Die Einheit der Seele lässt sich nicht anatomisch auf diese oder jene Monas von Ganglienzelle zurückführen, sie wird auf unerkannte Weise durch die combinirte Thätigkeit äusserst zahlreicher und verwickelter Gehirngebilde als letztes Endergebniss vermittelt. Die Zeit des Cartesius ist vorüber, wo man die Seele in der Zirbel suchte, und damit sollten billig auch für immer die lächerlichen Versuche aufhören, den fallsuchtartigen Anfall, diese aus den drei grossen Kreisen des Nervenlebens einheitlich hervorspringende Symptomengruppe, aus diesem oder jenem kleinen Verstecke des Gehirns oder Rückenmarks hervorbrechen zu lassen *).

Die vergleichende Anatomie des Gehirns der Wirbelthiere, der physiologische Versuch und die klinische Beobachtung machen es gewiss, dass die höheren geistigen Thätigkeiten von dem Grosshirn ausgehen, von den nichtexcitabeln Nervenmassen, welche vor den Grosshirnschenkeln anfgebaut sind. Man darf hinzufügen, dass viel dafür spricht, die graue Rinde des Grosshirns vermittle vorzugsweise die Intelligenz, während es Aufgabe des Marks zu sein scheint, den Rindentheilen die Eindrücke der sensitiven Nerven und den motorischen Nerven die Impulse, die von der Rinde ausgehen, zu überbringen.

In den Nervenmassen, welche hinter den Sehhügeln liegen, sind grosse, excitable Bezirke, Centralheerde reflectorischer und automatischer Bewegung mit Bestimmtheit nachgewiesen, indess finden sich hier auch nicht excitable Bezirke (die Halbkugeln des Kleinhirns) und Versuch und Beobachtung am Krankenbett sprechen überzeugend

*) Wepfer weiland verlegte bekanntlich den „Sitz" der Fallsucht aus denselben Gründen in die Zirbel, aus denen Cartesius den „Sitz" der Seele darin gefunden hatte.

dafür, dass noch hinter den Sehhügeln Quellen eines freilich sehr trüben Bewusstseins und einer dunkeln Empfindung liegen, dass triebartige Thätigkeiten von hier ausgehen, dass Hülfsorgane zur Vollziehung des Willens, zur richtigen Coordination der Bewegungen und zur Vermittlung bewusster Sensationen sich vorfinden.

Wir wissen ferner nicht nur, dass sehr umfängliche Stücke des Grosshirns auf einer oder beiden Seiten zugleich verloren gehen, sondern dass auch zufolge der berühmt gewordenen Beobachtungen von Bell, Cruveilhier und Lallemand*) eine ganze Grosshirnhalbkugel mangeln, ja sogar Streifen-, Seh- und Vierhügel, Kleinhirn, Pyramiden und Oliven derselben Seite verkleinert angetroffen werden können, ohne dass der Verstand und die Sinne Noth leiden müssen, nur wurde immer die entgegengesetzte Seite gelähmt gefunden.

Paget**) beschreibt das Gehirn eines erwachsenen Mädchens, dessen Balken aus angeborner Missbildung grösstentheils fehlte; trotzdem war es lebhaft, verständig und im vollen Besitze seiner Sinne und freien Bewegung gewesen.

Ein Kind, von dem Combette***) erzählt, ermangelte des Kleinhirns und der Brücke, nicht aber der Empfindung; sein Verstand war nicht aufgehoben, sondern nur beschränkt, seine Beine waren schwach.

Damit gänzliche Bewusstlosigkeit und Unempfindlichkeit eintrete, müssen demnach gleichzeitig und plötzlich beide Grosshirnhälften, und die bei der Vermittlung des Bewusstseins und der Empfindung betheiligten Bezirke in den hintern Gehirntheilen gewisse Veränderungen erleiden. Jeder Anfall von vollständiger Fallsucht setzt also schon deshalb eine Veränderung des grössten Theils der Gehirnmasse voraus, weil hier eben Bewusstsein und Empfindung, die nur

---

*) Bei Longet, Anatomie und Physiol. des Nervensystems. Deutsch v. Hein. Bd. II. S. 539.

**) Med. chir. Transactions 1846. V. 29. S. 55.

***) Bei Longet Bd. I. S. 617.

durch das Zusammenwirken des grössten Theils der Gehirnmasse vermittelt werden, gänzlich aufgehoben sind. Unsere Untersuchungen beweisen aber auch noch rücksichtlich der allgemeinen Zuckungen, welche bei den fallsuchtartigen Zufällen in Folge rascher Absperrung der Blutzufuhr zum Gehirn eintreten, dass diese Krämpfe von den hintern excitabeln Gehirntheilen ausgehen und erheben es so zum höchsten Grade der Wahrscheinlichkeit, dass bei jedem Anfall vollständiger Fallsucht dieselbe materielle Veränderung gleichzeitig das ganze Grosshirn und noch dazu den grössten Theil der hinter den Sehhügeln gelegenen Gehirnbezirke, wenn nicht alle ergreife. Es erscheint uns ausgemacht, dass selbst die Medulla oblongata von vorn herein in den Bereich gezogen ist, weil gleich anfangs die Athembewegungen nothleiden, bei völlig ausgebildetem Anfall ganz eingestellt sind und Glottiskrampf besteht. So allein erklärt sich, wie uns däucht, das Zusammentreffen von allgemeinen Zuckungen, Bewusstlosigkeit und Unempfindlichkeit in genügender Weise.

Die Krämpfe bei Fallsucht und Eclampsie verdienen demgemäss die Bezeichnung von Hirnkrämpfen mit vollem Rechte, und es wird nach den Ergebnissen unserer Versuche zweifelhaft, ob die den Anfällen zunächst zu Grunde liegende Veränderung die Grenzen der Schädelkapsel überschreitet. Wir fanden, dass derselbe Eingriff (rasche Aufhebung der Ernährung), der vom Gehirn aus Bewusstlosigkeit, Unempfindlichkeit und furchtbare Krämpfe hervorruft, vom Rückenmark aus Lähmung bedingt, ja bei einiger Andauer den Eintritt von Hirnkrämpfen sogar unmöglich macht. Das Rückenmark braucht sonach in den Paroxysmen keine andere Rolle zu spielen, als die eines leitenden Stranges, der die Erregung motorischer Gehirnheerde den motorischen Nerven der Peripherie bereitwillig übermittelt. — Freilich müssen dabei die motorischen Röhren des Rückenmarks und der peripherischen Nerven in Erregung versetzt und mit in den Bereich der krankhaften Thätigkeit gezogen werden, aber es lässt sich denken, dass die Veränderung, die sie damit erleiden, anderer Art und minder eingreifend sei, als die der

motorischen Centren des Gehirns. Diese Möglichkeit wird zur Wahrscheinlichkeit, wenn, wie bald gezeigt wird, die rasche Aufhebung der Gehirnernährung in der That eine häufige Ursache fallsüchtiger Anfälle genannt werden muss.

XIII.

Ueber die Veränderungen der Gehirnsubstanz, welche die nächste Ursache der fallsüchtigen Anfälle und Zustände darstellen.

Wie gross auch das Dunkel ist, das die Lehre von den innern Veränderungen der Gehirnsubstanz, welche fallsuchtartige Anfälle und Zustände als nächste Ursache bedingen, umhüllt, so berechtigt uns doch der vorhandene thatsächliche Stoff zu einigen bestimmteren Aussagen über diesen wichtigen Gegenstand.

Erstlich beweisen unsere eben angestellten Betrachtungen über die Nervenheerde, von denen die Erscheinungen der Anfälle ausgehen, dass die denselben zunächst zu Grunde liegende Veränderung des Gehirns keinesfalls auf einen kleinen Ort dieses Organs beschränkt sein könne, sondern dasselbe ganz oder doch in grösserem Umfange betreffen müsse. Daraus ergiebt sich, dass eine umschriebene anatomische Veränderung des Gehirns nicht als nächste Ursache epileptischer Anfälle betrachtet werden dürfe.

Zweitens lässt sich behaupten, dass die nächste Bedingung der Anfälle keine länger dauernde oder beharrliche, sondern nur eine Veränderung vorübergehender Art sei. Sie muss rasch sich zu ihrer Höhe entwickeln, während des Anfalls ihre Phasen durchlaufen und nach demselben wieder ganz oder grösstentheils aufgehoben werden. Wie wäre es sonst begreiflich, dass der Kranke nach den Anfällen so häufig und oftmals für so lange Zeit wieder zu dem vollen Gebrauch seiner Gehirnthätigkeit gelangt, und wie erklärlich, dass die Anfälle zum chronischen organischen Gehirn-, Rückenmarks- oder Nervenleiden sich nicht selten erst dann gesellen, wenn ein neues Moment hinzutritt, z. B. psychische Erregung oder Reizung sensibler Nervenenden? Was aber die fallsüchtigen Zustände betrifft, so

muss ihnen, als etwas Beharrlichem, auch eine beharrliche Veränderung der Gehirnmasse zu Grunde liegen und ist genauer zu untersuchen, ob dieselbe das ganze Gehirn oder nur Theile desselben ergreift. Man hat sonach zu unterscheiden zwischen der Veränderung der Gehirnmasse, welche den fallsüchtigen Anfall, und derjenigen, weche den fallsüchtigen Zustand verursacht.

Drittens kann es keine gröbere, anatomisch nachweisbare, Veränderung des Gehirns sein, die als nächste Ursache eines fallsüchtigen Anfalls wirkt. Dieser Satz, der sich aus den beiden früheren ergiebt, besitzt auch für die fallsüchtigen Zustände seine Richtigkeit. — Jeder halbwegs einsichtsvolle Arzt wird die Hoffnung, die gewisse Schulen und Zeiten mit kindlichem Vertrauen hegten: die pathologische Anatomie sei berufen, Aufschluss über „Wesen und Sitz der Fallsucht“ zu geben, heutzutage nicht mehr theilen*), und das Heil allein von den Fortschritten der versuchsrechten Nervenphysiologie erwarten. Materielle Veränderungen im Gehirn und seinen häutigen und knöchernen Hüllen sind freilich der häufigste Befund in den Leichen Epileptischer und nach Eclampsie Verstorbener und werden oft genug schon während des Lebens als Ursache erkannt. Man findet aber nicht selten trotz der allersorgfältigsten Untersuchungen keine anatomisch nachweisbaren Gewebsveränderungen im Gehirn**), und die, welche sich vorfinden, müssen namentlich bei der Epilepsie in der Regel als Folgezustände der durch die Anfälle gesetzten Kreilaufs- und Ernährungsstörungen, besonders nach oft und lange Zeit sich wiederholenden Zufällen angesehen werden. Die meisten Kranken, die lange Jahre an diesem Uebel litten, bieten die gewöhnlichen Erscheinungen bei chronischen Hirnkrankheiten

*) Vgl. die lichtvolle Auseinandersetzung des Irrthums, das Wesen der Fallsucht in einer gröberen Läsion des Gehirns zu suchen, und die kritische und bündige Zusammenstellung der anatomischen Thatsachen von Hasse im Handb. von Virchow, IV, 1. S. 262, 267 u. ff.

**) Bei 30 Autopsien Epileptischer gewann Delasiauve (a. a. O. S. 177) 17 Mal nur negative Ergebnisse.

dar: Verdickung und Verdichtung der Schädelknochen; Verdickung, Verknöcherung, Verwachsung, Oedem, Exsudate, Extravasate, Tuberkeln, Geschwülste der Hirnhäute; reichliche Pacchionische Körper (Wenzel), Hyperämie, Oedem, Extravasate, verhärtete und verschrumpfte Stellen des Gehirns. Keine von allen den anatomischen Veränderungen, in deren Gefolge Fallsucht öfter auftritt, wie namentlich Narben, Tuberkeln und Schwund (Blödsinn mit Paralyse) des Gehirns, oder vorzeitige Nahtverwachsungen des Schädels mit Verminderung seines Rauminhalts, führt beständig zu diesem Leiden. Gar oft dagegen sehen wir es auch von extrencephalen anatomischen Störungen, namentlich von Narben des Rückenmarks*), Hautnarben, Neuromen u. s. w. ausgehen und es werden Fälle erzählt, wo dasselbe durch Entfernung cariöser Zähne, fremder Körper im Ohr, nekrotischer Knochenstücke, Bandwürmer u. dgl. mehr, gründlich geheilt wurde. Ganz gleiche Erfahrungen gelten bekanntlich für die Eclampsie. Wie häufig sich bei an Eclampsie verstorbenen Kindern, Schwangern, Urämischen, Vergifteten u. s. w. nicht die geringste wesentliche Veränderung der Gehirnmasse vorfinde, wie oft eine Reihe von Anfällen bei Kindern nur aus vorübergehenden Reizungen der Schleimhäute, s. g. Saburral- und Wurmreiz, hervorspringe, und mit Entfernung des Reizes auch die ganze Fülle der Erscheinungen krankhafter Hirnthätigkeit weiche, ist fast überflüssig anzuführen, da einschlagende Erfahrungen jeder Practiker genugsam gemacht hat. Endlich erinnern wir an die Beobachtung, dass es sehr häufig psychische Einwirkungen (Schreck, der Anblick Fallsüchtiger u. dgl. mehr) sind, die sofort zur Epilepsie,

*) Höchst belehrend und merkwürdig sind hier die Versuche von Brown Séquard (Gazette méd. de Paris, 1856. Nr. 41.), der verschiedentliche traumatische Verletzungen des Rückenmarks nach Ablauf einiger Zeit zur Fallsucht führen sah. Die Anfälle traten dann von selbst oder nach Reizung gewisser Hautstellen ein. Bei einseitiger Verletzung des Rückenmarks veranlasste einzig die Reizung von Gesicht und Hals der nämlichen Seite die Anfälle. Bei beiderseitiger Verletzung konnten sie von beiden Seiten des Halses und Gesichtes hervorgerufen werden. Es sind endlich die Hautzweige der Gesichts- und Halsnerven, namentlich des Quintus, nicht ihre Stämme, welche gereizt die Fähigkeit erhalten, die Anfälle hervorzurufen.

und Reflexreize, die sofort zur Eclampsie führen, sowie an die hohe Bedeutung des traitement moral zur Milderung und Minderung, ja zur Hebung der eigentlichen Fallsucht. All diese zahlreichen Thatsachen liefern hinreichenden Beweis für die Behauptung, dass nur feinere Veränderungen des Gehirns den fallsüchtigen Zuständen zu Grunde liegen können. Der Hirntuberkel, die Narbe des Gehirns, des Rückenmarks oder eines Hautnerven sind deshalb in ganz gleicher Weise nur als entfernte Ursachen der Epilepsie anzusehen und die groben Veränderungen, mögen sie im Gehirn oder anderwärts bei Eclampsie und Epilepsie vorkommen, stellen nichts dar, als disponirende Momente.

Wenn die grobe Veränderung irgend eines Theils der Nervensubstanz als disponirende Ursache eines epileptischen Zustandes beschuldigt werden muss, so fragt sich, in was man das Wesen der Disposition gegenüber dem Anfalle suchen dürfe. Die Disposition ist nichts anderes als der Zustand des Gehirns, welcher den Boden bildet, aus dem die Anfälle entspringen, und kann wohl kaum anders vorgestellt werden, denn als sehr feine Umwandlung des ganzen Gehirns oder auch eines eng umschriebenen Bezirks, während die den Anfällen selbst zu Grunde liegende Veränderung immer die ganze Gehirnmasse oder doch den grössten Theil derselben und in eingreifenderer Weise betreffen muss. Die den epileptischen Zustand, die Disposition bedingende Veränderung reicht nicht aus, den Anfall in's Dasein zu rufen, es muss noch eine innere oder äussere Ursache dazu kommen, wodurch sie sich umfänglicher und tiefer gehend gestaltet, damit schliesslich das ontologische Bild der Epilepsie in Form der Paroxysmen augenfällig vor uns trete. So offenbart sich das Bild auf der Daguerre'schen Platte nicht gleich nach der Einwirkung des Lichtes, sondern erst dann, wenn die Platte einem weiteren Eingriffe ausgesetzt wird, wo dann mit einem Male das Erzeugniss der zwei Veränderungen, welche dieselbe erlitt, als ein Einheitliches und Ganzes vor die Augen springt. Bei der innigen nutritiven Verknüpfung der Theile des Nervensystems, wodurch selbst die entferntesten Nervenbezirke in einer gewissermaassen solidarischen Verbindung gehalten sind (wir erinnern hier

nur an die gekreuzten und progressiven Nervenatrophien und an die wichtigen mikroskopischen Forschungen Türck's, Waller's, Schiff's und Anderer, vergl. auch Ludwig Physiologie des Menschen, I. S. 172.), ist die Unterstellung sicherlich gerechtfertigt, dass jene groben anatomischen Veränderungen auf dem Wege allmälig eintretender feiner nutritiver Umwandlung gewisser Bezirke zur Fallsucht disponiren.

Nicht immer aber entwickelt sich der epileptische Zustand so langsam, oft genug geschieht dies rasch, er wird gleichsam mit einem Schlage hervorgerufen. Irgend eine Einwirkung auf das Gehirn findet statt, und der Anfall tritt unmittelbar ein, womit auch der fallsüchtige Zustand gegeben ist. Die Epilepsie hat sich festgesetzt und die ganze Gehirnmasse oder ein Theil derselben ist plötzlich in jene feine Umänderung gerathen, die sich nunmehr in dem periodischen Auftreten der bekannten Erscheinungen kundgiebt.

Was für die Epilepsie zuweilen gilt, ist für die Eclampsie Regel. Hier bildet sich der fallsüchtige Zustand immer rasch aus, er führt schnell oder unmittelbar zu den Anfällen und endet im Gegensatz zur Epilepsie bald entweder mit Genesung oder Tod.

Wir erachten es für das grösste Verdienst unserer Arbeit, einen Zustand genauer erforscht zu haben, welcher beim kräftigen Kaninchen ausnahmslos und wahrscheinlich bei allen Warmblütern fallsüchtige Anfälle bedingt. Wir meinen die Gehirnveränderung, die durch rasch aufgehobene Ernährung in Folge plötzlich gesperrter Blutzufuhr hervorgerufen wird. Man kann an demselben Thiere kurz hintereinander ein Dutzend und mehr Anfälle erzeugen, und wäre es möglich, die Compression der vier grossen Kopfschlagadern, ohne lebensgefährlichen, operativen Eingriff vorzunehmen, so könnte man nach Belieben Jahre lang, gerade wie bei der ächten chronischen Fallsucht, von Zeit zu Zeit Krampfanfälle eintreten lassen. Wir halten sogar die Annahme für nicht zu gewagt, dass durch oft und lang fortgesetzte Anfälle zuletzt eine Disposition, ein wirklich fallsüchtiger Zustand ausgebildet werden könnte, da ja überhaupt öftere Wiederkehr von Krampfanfällen eine s. g. „Convulsibilität" zu erzeugen, jedenfalls zu begünstigen scheint. (Vgl. auch den Versuch 2 im Cp. X.)

Damit ist thatsächlich ein Gehirnzustand nachgewiesen, welcher allen Anforderungen entspricht, die man zu stellen genöthigt wäre, wenn man von theoretischen Voraussetzungen ausgehend einen suchte, der das Zustandekommen fallsüchtiger Anfälle zureichend erklärte:

1) er tritt sehr rasch ein;

2) er lässt sich rasch wieder aufheben;

3) er ist im Stande, die ganze Symptomengruppe der Fallsucht hervorzurufen;

4) bei kurzer Dauer treten die Anfälle in unvollkommener, bei längerer Dauer in vollkommener Ausbildung ein;

5) der Anfall folgt der Gehirnveränderung auf dem Fusse nach;

6) diese kann unmittelbar zum Tode führen;

7) bei häufiger Wiederholung der Anfälle müsste zuletzt die Gehirnthätigkeit ebenso bedeutend beeinträchtigt werden, wie dies in der Fallsucht geschieht.

Wiewohl wir nun der Ansicht sind, dass gewisse Formen der Epilepsie und Eclampsie auf plötzliche Unterbrechung der Gehirnernährung zurückgeführt werden dürfen, eine Behauptung, welche im Verlaufe dieses Capitels ausreichende Gründe zu ihrer Unterstützung finden wird, so sind wir doch weit entfernt, darin die allernächste und eigentliche Ursache der dadurch bedingten Anfälle oder gar das Wesen der Fallsucht oder Eclampsie überhaupt zu erblicken. Die rasche Unterbrechung der Ernährung ist, wie uns scheint, nur mittelbar durch gewisse damit in nothwendiger Verbindung stehende moleculäre Veränderungen der Gehirnsubstanz wirksam, diese aber können in gleicher Weise auch durch chemische und nutritive Eingriffe anderer Art zu Stande kommen. So setzt die Aufhebung der Blutzufuhr zum Muskel sofort (Wundt) moleculäre Veränderungen, die sich durch einen Wechsel der Elasticitätsverhältnisse kund geben und endlich zur Starre führen, aber es giebt auch andere Einwirkungen, Einspritzungen chemischer Agentien in die Adern des Fleisches z. B. (Kussmaul), welche denselben Erfolg haben, obschon der Muskel in verschiedene innere Zustände geräth. In ähnlicher Weise mögen auch verschiedenartige Angriffe (mechanische, chemi-

sche, entzündliche Reizung u. s. w.) auf die moleculäre Einrichtung des Gehirns, obwohl das letztere ungleichartig verändert wird, doch in einer Richtung dieselbe Endwirkung haben, etwa die elektrische Anordnung der feinsten Theilchen gleichartig verändern und damit zur Fallsucht Anlass geben.

Die Blausäure ruft Zufälle hervor, die mit denen bei Fallsucht grosse Aehnlichkeit haben. Es wäre jedoch gewagt, die Behauptung deshalb aufzustellen, die Blausäure wirke durch Erzeugung von Hirnanämie (Pereira) oder durch Untauglichmachen des Bluts zur Ernährung des Gehirns, wie dies Harley*) neulich für verschiedene Zuckungen machende Gifte behauptet hat, so lange nicht ein bestimmter Nachweis dafür geliefert werden kann**). Wir zweifeln nicht, die Zukunft werde eine Klasse von Giften herausheben, die darin übereinstimmen, dass sie das Blut unfähig machen, Nerv und Muskel zu ernähren, und es liessen sich hier mit wenig Mühe zahlreiche Hypothesen über allerlei mögliche Unterschiede in der Wirkungsweise der Giftstoffe dieser Klasse ausspinnen. Wir halten es indess für gerathen, bis zu besserer Kenntniss der Thatsachen davon Umgang zu nehmen, und erlauben uns nur auf das merkwürdig Gleichartige der Erscheinungen bei sehr rasch mit dem Tod endender Vergiftung durch grosse Gaben der allermeisten Giftstoffe aufmerksam zu machen und daran die bescheidene Frage zu knüpfen, ob hier die Ursache der plötzlich eintretenden Bewusstlosigkeit, Unempfindlichkeit, sowie der allgemeinen klonisch-tetanischen Zuckungen mit anfangs verengten und später erweiterten Pupillen nicht meist in der rasch aufgehobenen Ernährung des Gehirnes zu suchen sei? Sehen wir doch auch den plötzlichen Tod, der aus innern und sehr verschiedenen Ursachen erfolgt, häufig unter theilweisen oder allgemeinen Zuckungen bei aufgehobenem Bewusstsein und Empfindungslosigkeit eintreten und

---

*) The Lancet, 1856.

**) Cope (Gaz. méd. de Paris. 34. 1849) findet die Ursache der Convulsionen bei Blausäurevergiftung in dem plötzlichen Aufhören des Blutzuflusses zum Rückenmark. Diese Theorie findet ihre völlige Widerlegung in unseren Untersuchungen.

stirbt doch die Mehrzahl der Kinder, die an acuten Krankheiten enden, unter sog. „Gichtern“ oder „Fraisen“, d. h. mehr oder minder ausgesprochenen eclamptischen Zufällen.

Scharlach, Masern, Blattern kündigen sich oft durch allgemeine Zuckungen mit Bewusstlosigkeit an, Meningitis, Hydrocephalus, Uraemie, Cholaemie werden häufig von ihnen begleitet. Der Durchbruch der Zähne, das Durchschneiden des Kindskopfs rufen welche hervor. Wenn wir hier überall die Ursache der Anfälle in rasch aufgehobener Ernährung des Gehirns sehen wollten, so wären Beweisgründe für diese Hypothese schwierig zu liefern und wir fürchteten in die Lächerlichkeit derjenigen Toxikologen zu fallen, welche die Wirkungen der meisten auf's Gehirn einwirkenden Arzneimittel und Gifte in ihrer dürftigen Vorstellungsweise nur auf Gehirnanämie und Hyperämie zurückzuführen vermögen, die der Narcotica etwa auf die erste, die der Excitantien auf die letzte. — Offenbar liegt der Trennung der fallsuchtartigen Krämpfe in verschiedene Arten: Eclampsie und Epilepsie, die richtige Ahnung zu Grunde, dass trotz der vollkommenen Uebereinstimmung in der äusseren Form der Anfälle eine innerliche Verschiedenheit statt habe. Worin diese beruhe, wird die Zukunft sicherlich auffinden und damit erst eine scharfe Sonderung der fallsuchtartigen Krämpfe in verschiedene Gruppen nach der Natur der sie bedingenden Gehirnzustände möglich werden, während die Eclampsie und Epilepsie der Gegenwart nichts als ontologische Krankheitsbilder darstellen, deren Grenzscheide nur von der subjectiven Willkür oder höchstens dem practischen Bedürfniss gezogen wird.

Man hat häufig die Behauptung aufgestellt, der Anfall in der Epilepsie gehe jederzeit aus plötzlicher Blutüberfüllung des Gehirns hervor. Die Erfahrung über Fallsucht nach grossen Blutverlusten und unsere Versuche widerlegen die allgemeine Gültigkeit dieser Theorie zur Genüge. Die Frage kann demnach nur noch dahin gehen, ob in Einzelfällen Blutandrang zum Gehirn oder Stauung Anfälle zu bewirken vermöge.

Von jeher zeigten sich viele der besten Pathologen in hohem Grade aller und jeder Congestionstheorie abgeneigt; wir erwähnen

nur die berühmten Namen eines Georget, Watson, Copeland, Romberg, Hasse u. s. w. Romberg lässt sich z. B. über diese Frage*) in seiner klaren bestimmten Weise aus, wie folgt: „Die Zeit ist noch nicht lange vorüber, als Congestionen nach dem Gehirn fast exclusiv als Ursachen der Nervenkrankheiten überhaupt und auch der Epilepsie angenommen wurden. Heutigen Tages bedarf es zu einer solchen Behauptung kritischer Argumente, und so muss es auffallen, dass von einem Krankheitszustande, wo vor allen andern ein verstärkter Andrang des Blutes nach dem Gehirn stattfindet und Hämorrhagien hervorruft, von der Hypertrophie der linken Herzkammer**) Epilepsie fast niemals, wohl aber Schwindel, Apoplexie, Lähmung, die häufigen Folgen sind. Einflussreich ist unstreitig Plethora in Folge unterdrückter Blutflüsse, besonders Katamenien, Epistaxis, seltner Hämorrhois und die durch üppige Lebensweise erworbene Vollblütigkeit. Die Anfälle dieser Epilepsie haben eine apoplektische Beimischung, schwache Convulsionen, hinterlassen einen soporösen Zustand Stunden selbst Tage lang, so wie auch Lähmungen einzelner Theile, besonders der Zunge. Häufig jedoch trägt der entgegengesetzte Zustand, Anämie, die Schuld, besonders beim weiblichen Geschlecht, sei es durch ursprüngliche Crasis des Blutes oder in Folge von unzureichender Nahrung und Säfteverlust. Maisonneuve erzählt einen Fall von 18 Matrosen, die nachdem sie sich vor dem Feinde durch Schwimmen auf einen Felsen gerettet hatten, sieben Tage in Hungersnoth und strenger Kälte zubrachten. Alle wurden, nachdem sie in ein Hospital aufgenommen wurden, 4 Wochen darauf von epileptischen Anfällen heimgesucht, vor und nach welchen sehr heftige Schmerzen im rechten Hypochondrium sich einstellten. Nach 10 Monaten waren 6 von ihnen gestorben, nach 18 Monaten 4, so dass nur 4 am Leben blieben."

---

*) Lehrbuch der Nervenkr. 2 Bd. S. 348.

**) Einen Fall, wo sie sich bei Stenose der Aortamündung einstellte, s. bei Bamberger, zur Pathol. des Herzens. Virchow Arch. IX. 3 u. 4. 1856.

Auch Delasiauve, dieser fleissige Bearbeiter und genaue Kenner der Fallsucht, sah Anämie überwiegend häufiger als Plethora das Leiden verursachen und damit stimmen die meisten sorgfältigeren Beobachter überein.

Die Anhänger der Congestionstheorie kann man in zwei Klassen theilen, je nachdem sie den Anfall aus einem vermehrten Andrange rothen oder gehinderten Rückflusse schwarzen Blutes hervorgehen lassen. Als Hauptvertreter der ersten Ansicht darf man den Engländer Solly, als den der zweiten seinen Landsmann M. Hall betrachten.

Solly*) findet den Grund des Paroxysmus in einer Determination des Blutes nach dem Kopfe, einer arteriellen Congestion, der Folge vermehrter Thätigkeit des Herzens bei gleichzeitiger Lähmung der Muskelhaut der Kopfarterien, und die wichtigsten Gründe, auf die er seine Ansicht stützt, sind folgende:

1) „Vermehrter Blutandrang steigere alle Absonderungen zu einem unnatürlichen (?) Grade. Plötzliche Congestion nach dem Kopfe müsse rasch die Absonderung der Nervenkraft, die im gesunden Zustande den Muskeln Willen zuführe und der Elektricität gleichartig sei, steigern. Diese Kraft werde durch die motorischen Nerven weggeführt und wie in einer elektrischen Batterie entladen. Ihr Uebermaass bewirke übermässige Muskelbewegung.“ —

Warum aber, fragen wir, bedingt ihr Uebermaass, wenn sie übermässige Bewegung hervorruft, nicht auch Aufgeregtheit des Geistes und erhöhte Empfindlichkeit? Warum erfolgen bei der heftigen Congestion zum Kopfe nach Aufhebung der Compression der Kopfschlagadern niemals allgemeine Zuckungen, sondern im Gegentheil Lähmung, auch wenn beide Halsstränge des Sympathicus durchschnitten und die oberen Halsganglien ausgerottet, somit jedenfalls zahlreiche Zweige der Carotiden gelähmt werden, wie wir bei vielen Versuchen am Kaninchen erfahren haben?

---

*) S. Solly, the human brain, its structure, physiol. and diseases. Lond. 2d. edit. 1847. S. 590 u. ff.

2) „Die Carotiden pulsirten auffallend stark während der Anfälle."

Diese bekannte Erfahrung lässt sich aber mit eben so viel Recht aus einem Hindernisse erklären, welches dem rothen Blute den Weg in das Gehirn versperrt, z. B. einer Contraction der kleineren und muskelreicheren Zweige der Carotiden, somit aus arterieller Gehirnanämie.

3) „Man habe bei der Leichenöffnung von Personen, die im Anfall starben, das Gehirn häufig blutreich gefunden (Foville)."

Der Blutreichthum aber war wohl immer auf Seite des venösen Gebietes und konnte, selbst wenn die fallsüchtigen Anfälle aus arterieller Anämie hervorgingen, recht gut erst in Folge des Anfalls, welche Ansicht Foville selbst theilt, oder des Sterbeacts oder in der Leiche entstanden sein, wie aus unseren früheren Untersuchungen deutlich erhellt. —

In Wahrheit ist kein einziger Grund Solly's zureichend, seine Theorie der Entstehung des fallsüchtigen Anfalls zu stützen. Es däucht uns im Gegentheil höchst unwahrscheinlich, dass jemals der rein arterielle Blutandrang im Stande sei, einen Anfall hervorzurufen, er kann wohl nichts als Schwindel, Ohnmacht und schlagähnliche Lähmungserscheinungen bewirken.

Marshall Hall's Theorie, die er in zahlreichen Werken und Aufsätzen*), bald mehr, bald weniger ausführlich zu begründen versucht hat, läuft im Wesentlichen auf Folgendes hinaus:

Das erste Glied in der Kette der Erscheinungen des fallsüchtigen Anfalls stellt die unmittelbare oder reflectorische Reizung des Centrum spinale dar, welches die Muskeln des Nackens und der Stimmritze in Contraction setzt, womit denn gleich das zweite Glied gewonnen wird. Das dritte ist die Compression der Halsvenen (Sphagiasmus) durch die zusammengezogenen Nackenmuskeln (Tra-

*) Wir heben nur folgende heraus: Essays on the theory of convulsive diseases; being a supplement to the diseases and derangements of the nervous system. — On the neck as a medical region, in the Lancet, 1849. — Synopsis of cerebral and spinal seizures of inorganic origin and of paroxysmal form; und Synopsis of apoplexy and epilepsy, with observations on trachelismus, laryngismus and tracheotomy. 1852.

chelismus), und Asphyxie durch den Glottiskrampf (Laryngismus). In vierter Reihe brechen erst Bewusstlosigkeit, Unempfindlichkeit und die allgemeinen Zuckungen als Folge der venösen Blutüberfüllung des Gehirns und der Asphyxie aus. Die unvollständigen Anfälle („le petit mal" der Franzosen) gehen hauptsächlich aus dem Trachelismus, die vollständigen („le haut mal") aus Trachelismus mit Laryngismus hervor.

Diese sinnreiche Theorie enthält Richtiges und Unrichtiges vermengt.

Unrichtig ist vor allen Dingen, dass die Contraction der Nacken- und Stimmritzmuskeln der Bewusstlosigkeit und Unempfindlichkeit beständig vorausgehe; Bewusstsein und Empfindung schwinden in der grossen Mehrzahl der Fälle zuerst, allgemeine Willenslähmung erfolgt, die Kranken stürzen zusammen und dann erst beginnen die allgemeinen Zuckungen mit Nackenkrampf und Stillstand der Athmung. Das Grosshirn ist demnach in den meisten Fällen schon ausser Thätigkeit gesetzt, ehe die motorischen Nervencentren in Erregung gerathen. Ebenso beweisen die unentwickelten Formen, wo es bei Störungen des Bewusstseins und der Empfindung bleibt und gar nicht zum Krampf der Nackenmuskeln und der Glottisverengerung kömmt, und ihr unmerklicher Anschluss und Uebergang zu den entwickelten mit allgemeinen Krämpfen, dass die Theorie des Trachelismus und Laryngismus keinesfalls eine allgemeine Richtigkeit hat.

Richtig ist, dass die plötzliche Verschliessung der Glottis fallsuchtartige Zuckungen hervorruft und es ist ein Verdienst Marsh. Hall's, auf die Aehnlichkeit in den Wirkungen der Strangulation und Fallsucht mit Nachdruck hingewiesen zu haben*). Werden Thiere durch Unterbindung der Luftröhre erwürgt, wie wir diess oftmals ausführten, so sterben sie bald bewusstlos unter allgemeinen Zuckungen und diese Krampfanfälle gleichen denen bei Verblutung vollkommen, nur dass dort der Kopf anschwillt und blau wird, hier

*) Comparison of the effects of strangulation and epilepsy, in M. Hall, Synopsis of cerebr. and spin. seizures p. 63, ferner p. 38, 39, 40 u. ff.

aber abnimmt und bleich wird. Man kann den Eintritt der Zuckungen bei der Erwürgung beschleunigen, wenn man die Arterien zugleich comprimirt. Beim Erhängen und Ersticken der Menschen beobachtet man dieselben Erscheinungen wie bei den Thieren, ja es kann bei Personen, welche nach weit gediehenem Erhängungsversuche wieder zum Leben gebracht werden, vollkommene Fallsucht zurückbleiben. Kussmaul sah im Jahre 1842 oder 43 auf der Klinik des verstorbenen Professors Puchelt in Heidelberg ein kräftiges Dienstmädchen, welches man vom Stricke abgeschnitten und mit Mühe wieder zum Leben gebracht hatte, Wochen lang von heftigen fallsüchtigen Anfällen heimgesucht werden. Die Conjunctiva des einen Auges erschien in Folge der Strangulation längere Zeit blutig unterlaufen.

Wir finden die einfachste Erklärung für das Auftreten der Anfälle bei Verschlisssung der Stimmritze oder Luftröhre in der plötzlich aufgehobenen Ernährung des Gehirns. Verblutung, Verschliessung der Schlagadern des Kopfes und Erwürgung bedingen verschiedene Füllungszustände der Kopfgefässe und andere Druckverhältnisse des Gehirns, sie kommen aber in dem genannten einen Punkte überein. Dort fehlt es am rothen Blut, weil es dem Körper entzogen oder dem Gehirn vorenthalten wird, hier weil es eine Umwandlung in schwarzes erfuhr. Die Richtigkeit unserer Ansicht scheint uns theils dadurch erwiesen, dass auch beim Verbluten die Zuckungen nicht aus den veränderten Druckverhältnissen hervorgehen, theils dadurch, dass die Zuckungen bei der Strangulation rascher eintreten, wenn gleichzeitig die Zufuhr des rothen Blutes zum Gehirn verhindert wird, endlich durch die Ergebnisse unserer Versuche über künstliche Erzeugung von Gehirnstase, wovon in Bälde die Rede sein wird.

Die Behauptung M. Hall's, dass der Krampf der Stimmritze (Laryngismus) zu fallsuchtartigen Krämpfen führen könne, wird darnach Niemand bestreiten. Unmittelbare oder mittelbare (psychisch oder reflectorisch vermittelte) Erregung der motorischen Nerven der Stimmritzenverschliesser kann sie secundär veranlassen und zweifelsohne beruhen gewisse fallsüchtige Anfälle auf dieser Ursache. Namentlich

dürften manche Zustände von Eclampsie bei Kindern und von Epilepsie bei hysterischen Personen*) dahin zurückzuführen sein. Eine allgemein gültige Theorie der Fallsucht darauf zu bauen, scheint uns aber keineswegs gestattet, da der Laryngismus gerade in der ächten Fallsucht, wie wir schon erwähnten, der Aufhebung der seelischen Thätigkeiten nachzufolgen und nicht voranzugehen pflegt, und „weil man Gelegenheit hat, Fälle zu sehen, wo klonische Krämpfe in vollem Grade auftreten, bevor die Symptome des Laryngismus kommen“ (Hasse).

Unrichtig scheint uns die Annahme, dass plötzliche Hemmung des Rückflusses in den Halsvenen eine gewöhnliche Ursache epileptischer Zufälle abgebe, womit natürlich die Theorie des Sphagiasmus werthlos wird.

M. Hall legt viel Gewicht auf einen Versuch A. Cooper's (a. a. O.), der einem Kaninchen beide Venæ jugulares unterband, worauf es nach fünf Tagen betäubt erschien, am siebenten in Zukkungen verfiel, die Empfindung verlor und starb. Bei der Section fand sich ein Bluterguss in der linken Grosshirnkammer. — Obwohl wir die Unterbindung der Venæ jugulares externæ (und zuweilen gleichzeitig der internæ) am Kaninchen mehr als 2 Dutzend Mal vornahmen, und die Thiere öfters Wochen, ja Monate lang am Leben liessen, sahen wir niemals einen ähnlichen Ausgang, beobachteten überhaupt niemals allgemeine Zuckungen. Meistens traten keine Hirnzufälle von Bedeutung ein, höchstens erschienen die Thiere in den ersten 24—30 Stunden betäubt und knirschten zuweilen mit den Zähnen. Die beständigste Erscheinung, welche nach der Hemmung des venösen Abflusses eintrat, ist ein verlangsamtes Athmen, was auch Cooper's scharfem Auge nicht entgangen ist. So bildet denn der oben erwähnte Versuch eine Ausnahme von der Regel, beweist auch überhaupt nur, dass die Hemmung des venösen Abflusses aus der Kapsel des Schädels unter Umständen Bluterguss und Schlag-

*) Vgl. z. B. den höchst merkwürdigen Fall von Epilepsie bei einem 19 Jahre alten Mädchen in Folge von Reizung des Kehldeckels durch ein zu langes Zäpfchen in der Wiener Wochenschr. 39. 1856.

fluss mit Zuckungen, nicht aber einen ächten epileptischen Anfall hervorrufen könne. Die Zahl der Anastomosen bei der netzartigen Verzweigung, namentlich der oberflächlichen Hals- und Nackenvenen, ist zu gross, als dass die Verschliessung der Jugularvenen allein so leicht zu schwereren Hirnzufällen Veranlassung geben könnte. Wir comprimirten deshalb etliche Male Hals- und Schlüsselbeinvenen gleichzeitig längere Zeit oder unterbanden sie. In zwei Fällen, wo diese Operationen ohne Blutverluste gelangen, ergab das wiederholte bis zu einer Viertelstunde fortgesetzte Comprimiren beim einen Thier keine Hirnzufälle von Belang, das andere Thier mit unterbundenen Venen starb nach 48 Stunden unter allgemeinen Zuckungen und sowohl die Erscheinungen im Leben als in der Leiche wiesen auf eine bedeutende Blutstauung im Kopf und der Schädelhöhle hin. Die Venen des Halses, der Hirnhäute und die Sinus strotzten im Tode von Blut, das Gehirn aber war blass*). In diesem, wie in dem Versuche A. Cooper's traten die Zuckungen erst sehr spät nach der Verschliessung der Venen ein, während die Theorie M. Hall's verlangt, dass sie derselben auf dem Fusse folgen.

Die Möglichkeit, dass es bei venöser Hirnstase zuweilen rasch zu fallsüchtigen Zufällen komme, darf freilich nach dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse nicht abgeleugnet werden. Es ist z. B. denkbar, bei plötzlicher und vollständiger Hemmung des venösen Rückflusses aus der Schädelhöhle trete eine solche Füllung derselben ein, dass die Arterien kein Blut mehr hereinzuführen im Stande seien und damit die Ernährung des Gehirns sofort unterbrochen werde. In Wirklichkeit aber scheint sich die venöse Stauung selten mit der hierzu erforderlichen Schnelligkeit und Stärke zu bilden.

*) Vgl. Kussmaul über den Einfluss der Blutströmung auf die Bewegung der Iris, S. 32. — Wir machen übrigens darauf aufmerksam, dass bei diesem Versuch die Wundfläche und die Entzündung sehr bedeutend ausfielen. Die Zuckungen und der Tod könnten vielleicht anderen Momenten, als der Blutstauung innerhalb der Schädelhöhle, zuzuschreiben sein. — Auch hatten wir damals einen schlechten Behälter zur Aufbewahrung der Kaninchen, wo sie leicht von Septicaemie ergriffen wurden.

Das Herz ist vielmehr in der Regel bei Behinderung des venösen Abflusses aus der Schädelhöhle noch längere Zeit befähigt, Blutmassen in dieselbe hinein zu pumpen, und es kömmt in Folge des vermehrten Drucks auf's Gehirn und der kleineren und grösseren Blutergiessungen aus berstenden Hirn- und Hirnhautgefässen zu schlagflussähnlichen Zufällen bald mit, bald ohne Zuckungen, die in letzterem Falle allerdings leicht den Anschein vom epileptischen gewinnen können. M. Hall selbst sieht sich gezwungen, mehr die epileptischen comatösen Erscheinungen in der Fallsucht vom Sphagiasmus und Trachelismus abzuleiten, während die Asphyxie und die allgemeinen Zuckungen durch den Laryngismus bedingt werden sollen. Die Literatur, soweit wir sie verglichen, bot uns keine Fälle, welche zureichenden Beweis liefern, dass einfache Hirnstase oder Hirnplethora zu ächten oder doch reinen fallsüchtigen Anfällen geführt hätten *).

Wir versuchten die Bedeutung der Hirnplethora und des dadurch

---

*) Vgl. besonders Stannius über die krankhaften Verschliessungen grösserer Venenstämme des menschlichen Körpers. 1839. u. M. Hall, Synops. on cerebral. and spinal. seizures etc. — Wichtig erscheinen uns unter den verglichenen vorzüglich folgende Fälle. Gintrac (bei Stannius) beobachtete bei einem Kinde von 4 Jahren Anfälle von momentan eintretender Hemmung der willkürlichen Bewegung mit verminderter Empfindlichkeit, wobei die geistige Thätigkeit rege geblieben, die Sprache aber aufgehoben gewesen sein soll. Es litt daran seit seinem ersten Lebensjahre. Der Sinus longit. superior. war in einen harten Strang umgewandelt, die einmündenden Venen waren mit geronnenem Blut überfüllt. — Prichard (ebenda) fand in der Leiche einer Epileptischen organisirte Thromben, im ganzen Sin. lateralis. (Waren die Thromben Ursache oder Folge der Epilepsie?) — Tonnelé (Froriep's Notizen, 1829. 24. Bd. S. 142.) sah bei einem Mädchen von 9 Jahren nach Verpfropfung des Sinus longit. sup., des Sinus later. und occipit. rechterseits, Schwindel, 2 Tage lang Ohnmachten, dann tiefen Schlaf mit geringen Convulsionen der linken Seite und Tod erfolgen. Ein Kind von 2 Jahren bekam in den letzten Augenblicken des Lebens plötzlich leichte Convulsionen, eine grosse Starrheit des Rumpfs und der Gliedmassen. Pfröpfe erfüllten den Sin. longit. sup., beide Sin. later. und die Venæ jugul. internæ. In beiden Fällen war Blut unter die Arachnoidea der Hirnhemisphären ausgetreten, im ersten war es sogar zur Erweichung eines Theils der rechten Grosshirnhalbkugel gekommen.

gesetzten Hirndrucks für das Zustandekommen fallsüchtiger Zustände kennen zu lernen, indem wir bei mehreren Kaninchen die Halsstränge des Sympathicus durchschnitten und äussere und innere Venæ jugulares unterbanden. Die Augäpfel sprangen immer gleich nach der Unterbindung mächtig aus ihren Höhlen hervor, die Häufigkeit der Athemzüge sank allmälig, nie plötzlich, zuweilen aber in ausserordentlichem Maasse (einmal binnen einer halben Stunde von 135 in 1' vor der Operation auf 18 nach derselben), die Athmung wurde schnarchend, rasselnd, die Glottis gelähmt, Betäubung und Schwäche der Beine stellten sich wachsend mit der Athemnoth ein, ohne dass die Thiere jedoch das Bewusstsein oder das Vermögen, aufrecht zu sitzen, verloren hätten, zuletzt kam Zähneknirschen und leichtes, flüchtiges Zucken der Gliedmassen. Die gefahrdrohenden Erscheinungen verschwanden aber in allen Fällen ebenso allgemach wieder, wie sie gekommen waren, und die Störungen im Kreislauf wurden wenigstens theilweise ausgeglichen, ohne dass die Thiere in eigentliche fallsuchtartige Zuckungen verfallen wären*).

Diese Versuche stimmen merkwürdig zu der oben erwähnten Angabe Romberg's, dass die Epilepsie plethorischer Personen eine apoplektische Beimischung und schwache Convulsionen habe. Wir finden uns deshalb veranlasst, unsere Zweifel auszusprechen, ob diese s. g. epileptischen Zustände bei Plethora auch mit Recht zur Fallsucht gestellt werden dürfen, ob sie nicht vielmehr in die Reihe der apoplektischen Zustände zu verbringen sind und mit jenen zwar die Bewusstlosigkeit, Unempfindlichkeit, und selbst das Eintreten von klonischen Zuckungen an den Gliedmassen, jedoch in geringerem Grade, gemein haben, dagegen aber hinsichtlich des Zustandes der Athmungsmuskeln auch symptomatisch verschieden und namentlich von Glottislähmung begleitet sind, während die Fallsucht durch Glottiskrampf ausgezeichnet ist.

Unsere Untersuchungen fallen demnach für jede Theorie, welche

*) Eine ausführliche Mittheilung der Ergebnisse dieser Versuche, die nicht ganz zum Abschlusse gekommen sind, soll ein ander Mal gegeben werden.

den fallsüchtigen Anfall aus plötzlichem Blutandrang activer, passiver oder gemischter Natur hervorgehen lässt, entschieden ungünstig aus. Wir haben dagegen nachgewiesen, dass plötzlich zu Stande kommende arterielle Gehirnanämie sofort zu fallsüchtigen Anfällen führe und sind deshalb wohl berechtigt, die Frage aufzuwerfen, was die Theorie eines Krampfes der muskulösen Elemente der Gehirngefässe, namentlich der kleineren, muskelkräftigen Arterien zu leisten vermöge.

Wenn wir zu jeder Stunde beobachten können, dass der Schreck im Stand ist, „das Blut aus den Wangen zu treiben", so darf auch die Möglichkeit nicht geleugnet werden, dass dieselbe Ursache, bekanntlich eine der häufigsten des fallsüchtigen Anfalls und fallsüchtiger Zustände überhaupt, die kleineren Aeste der Carotiden und Wirbelschlagadern zur Contraction bringen könne. Wir wissen, dass Blutarmuth, dieser fruchtbarste Boden für Fallsucht, das Nervensystem sehr reizbar und den Einflüssen des Schrecks doppelt zugänglich macht, dass blutarme und bleichsüchtige Personen einen kleinen und gespannten Puls besitzen, leicht zu erblassen und ohnmächtig zu werden pflegen. Zahlreiche und sorgfältige Beobachter, Georget, Watson, Copeland, Trousseau (de l'épil. Gaz. des hôpit. 1855. Nr. 49.) u. A. führen ausdrücklich an, dass zu Anfang des Anfalls das Gesicht immer bleich erscheine und erst später roth und blau werde. Die Carotiden und das Herz pulsiren aber trotzdem stark, was auf ein Hinderniss in der Blutströmung innerhalb der feineren Aeste deutet, ja es sind Fälle bekannt, wo es während des epileptischen Anfalls zur Berstung der aneurysmatischen Aorta kam. Endlich erzählt Pereira*), Holst in Christiania habe einen Epileptischen beobachtet, an dem während des Anfalls immer der Puls im linken Arm verschwunden sei. Bei der Section fand sich, dass eine Abweichung im Verlauf der Arterien statt hatte, so dass jener Arm aus den Wirbelarterien sein Blut erhielt, welche es durch die Arter. basilaris von den Carotiden bekamen. Das Verschwinden des Pulses macht

*) Pereira, the elements of materia medica, 3d edit. Vol. II. P. II. p. 1797.

wahrscheinlich, dass die Strömung durch die Carotiden innerhalb der Schädelhöhle während des Anfalls aufgehoben war.

Wenn die letzterwähnten Thatsachen dafür sprechen, dass die kleineren und kleinsten Arterien zu Anfang und während des Anfalls contrahirt sind, so beweisen sie freilich noch nicht, dass dieser Gefässkrampf das Ursächliche ist, er kann mit demselben Rechte als eine begleitende Theilerscheinung des allgemeinen krankhaften Zustandes betrachtet werden. Es gilt hier somit, was für den Glottiskrampf gegenüber der Hall'schen Theorie ausgesagt wurde. Grade aber wie der Glottiskrampf zweifelsohne oftmals allgemeine fallsüchtige Anfälle ursächlich hervorruft, scheinen uns auch von ursprünglich auf die Gefässmuskeln beschränkten Krämpfen aus allgemeine und ächte fallsüchtige Anfälle hervorgehen zu können. Wir versuchten uns von der Richtigkeit dieser Hypothese auf dem Versuchswege Gewissheit zu verschaffen, leider aber ist dieses Unternehmen mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft. Die aufsteigenden Halsstränge des Sympathicus scheinen nicht die einzigen Bahnen der Gefässnerven für die Carotiden und ihre Zweige zu sein. Die Dicke der sympathischen Stränge schwankt bei den verschiedenen Kaninchen sehr beträchtlich und die Versuche von Schiff, Donders und Callenfels machen wahrscheinlich, dass auch auf andern Bahnen vasomotorische Röhren dorthin gelangen. Unterbindet man die Subclaviæ und faradisirt die Halsstränge, so ist man desshalb nicht versichert, dass alle Gefässnerven der Carotiszweige erregt werden, und auf die obern Halsganglien einzuwirken, was schon mehr Erfolg verspräche, erlaubt die Empfindlichkeit dieser Theile nicht. Man muss somit die Faradisirung der sympathischen Halsstränge auf gut Glück hin unternehmen, ob es vielleicht zufällig gelinge, auf ein Thier zu stossen, wo dieselben die ausschliessliche oder doch fast ausschliessliche Bahn für die Vasomotoren der Carotiszweige darstellen. In drei Versuchen, die wir machten, überzeugten wir uns zuerst nach Unterbindung der Subclaviæ, dass die Compression der Carotiden allgemeine Zuckungen hervorrief. Dann wurden beide Sympathici auf grosse Strecken hin freigelegt, am untern Halstheile durchschnitten,

nach aufwärts aus ihren bindegewebigen Verbindungen getrennt und auf Guttaperchaplättchen verbracht. Bei allen drei Thieren, weissen Kaninchen, waren die Nerven leider ungewöhnlich dünn, jedoch erfolgten die gewöhnlichen Erscheinungen an den Ohrgefässen, sowohl nach der Durchschneidung als nach der Faradisirung der Nerven. Allgemeine Zuckungen erfolgten aber nach dem letzten Eingriff nicht. Wir unterbanden nun eine der Carotiden, so dass das Gehirn nur durch die andere Blut erhielt, und faradisirten den Nerven auf der Seite, wo die Strömung fortbestand. Bei zwei Thieren wurde auch jetzt kein Erfolg erzielt, die Pupillen wurden indess weder so weit, noch der Augengrund so bleich, wie wir es sonst wohl wahrgenommen hatten. Bei dem dritten Kaninchen dagegen erblasste der Augengrund gänzlich, die Pupille erweiterte sich fast bis zum Schwinden des Irissaums, der Augapfel wurde mächtig aus der Augenhöhle hervorgehoben, der Nacken rückwärts gezogen und heftige Zuckungen befielen die nicht gebundenen Hinterbeine (Die Vorderbeine waren befestigt, das Thier lag auf dem Rücken.) Man entfernte die Elektroden, die Krämpfe erloschen, die Pupille verengte, der Augengrund röthete sich, das Thier aber blieb in einem ohnmachtähnlichen Zustande. Nach einigen Minuten gelang es durch die elektrische Reizung des Sympathicus abermals dieselben Zufälle hervorzurufen, wie das erste Mal. Ein dritter Reizungsversuch misslang. Wir unterbanden die noch offene Carotis und das Thier starb, vermuthlich wegen Gehirnerschöpfung, ohne nochmals in Zuckungen zu gerathen. — Diese Versuche verdienten um ihrer Wichtigkeit willen in grösserer Zahl wiederholt zu werden; vielleicht erhüben sie zur Gewissheit, was jetzt nur wahrscheinlich ist, dass von den vasomotorischen Nerven aus auf dem Wege der Gefässcontraction fallsüchtige Zufälle hervorgerufen werden können.

XIV.

Von den Nervenheerden, welche als Ausgangspunkte für die Veränderungen des Gehirns, die zu fallsüchtigen Anfällen führen, dienen.

Manche Einwirkungen, welche fallsüchtige Zufälle hervorrufen, z. B. grosse Blutverluste und Erwürgung, treffen gleichzeitig das ganze Gehirn und dieses erleidet in allen Theilen mit einem Male dieselbe Umänderung. Zweifelsohne giebt es fallsüchtige Zustände, deren Sitz nicht in diesem oder jenem Gehirntheil zu suchen ist, die vielmehr das ganze Organ einnehmen. Wir vermuthen, dass dies z. B. der Fall bei jenen häufigen Formen der Epilepsie, die nach grossen Blut- und Säfteverlusten auftreten, die mit angeborner Gehirnarmuth, erworbenem Gehirnschwund und dem Blödsinn nach hirnverwüstendem Irrsinn überhaupt verbunden sind, sowie bei der Eclampsie Anämischer, Cholämischer und vieler Vergifteter.

Bei den fallsüchtigen Anfällen dagegen, die durch Glottiskrampf hervorgerufen werden, ist der centrale Ausgangspunkt in die Wurzelstelle der Nervi vagi und der Nervi accessorii Willisii, also wahrscheinlich in das verlängerte Mark zu verlegen. Hier lässt sich annehmen, dass dieser Heerd ebensowohl durch die directe oder indirecte Einwirkung in eine vorübergehende functionelle Veränderung, s. g. Erregung, gerathen könne, wodurch dann zu fallsüchtigen Anfällen Veranlassung gegeben werde, als auch, dass er dauernde Veränderungen mehr eingreifender Art einzugehen im Stande sei und dadurch eine fallsüchtige Disposition bedinge.

Ist es wahr, dass der Krampf der Hirnarterien fallsüchtige Anfälle hervorbringen kann, so läge in solchen Fällen der centrale Ausgangspunkt in der Ursprungsstelle der vasomotorischen Nerven, demnach, wenn die Ergebnisse von Schiff's Untersuchungen richtig sind, in der Medulla oblongata. Eine Erregung dieses Nervenheerdes wäre dann das erste, Anämie des Gehirns das zweite und der fallsüchtige Anfall das letzte Glied in der Kette von Vorgängen.

Dies ist, was wir, auf die gegebenen Thatsachen uns stützend, über die dunkle Frage auszusagen uns getrauen. Das Gebiet der

Möglichkeiten ist damit nicht erschöpft, wir fühlen uns aber wenig versucht, auf den dunkeln und träumerischen Pfaden der blossen Hypothese umherzuirren.

Schliesslich sei nur noch daran erinnert, dass auch über den Ursprung der Fallsucht die pathologische Anatomie wenig Auskunft zu geben vermag. Sie unterstützt nur die Annahme, worauf die Erscheinungen der Fallsucht schon von vornherein hinweisen, dieselbe sei im Gehirn zu suchen. In weit kräftigerer Weise aber thun dies, gerade so wie wir es bei den Betrachtungen über das Wesen der Fallsucht fanden, die ätiologischen Momente und die grosse Bedeutung des traitement moral. Sichere Auskunft gewährt allein der physiologische Versuch.

XV.

Uebersicht der Wege, auf denen in Folge plötzlich aufgehobener Ernährung des Gehirns fallsüchtige Anfälle zu Stande kommen können.

I. Rasche Blutverluste.

II. Rasche Hemmung der Zufuhr rothen Blutes zum Gehirn.
   1) Mechanische Schliessung der grossen Kopfschlagadern, ihrer gröberen oder feineren Aeste (Unterbindung, Compression, Pfröpfe, eingespritzte Luft u. s. w.).
   2) Krampf der Gefässmuskeln:
      a. durch unmittelbare Erregung des Centralheerdes der vasomotorischen Nerven (Entzündung, örtliche Anämie, Gifte u. s. w.);
      b. durch Erregung von der Seele aus (Schreck);
      c. durch Erregung von den sensibeln Nerven aus;
      d. durch Erregung von andern in Erregung gerathenen motorischen Bezirken aus?
   3) Venöse Hirnstase?

III. Rasche Umwandlung des rothen Blutes, wodurch es zur Ernährung des Gehirns unfähig wird.

A. Asphyctische Umwandlung des rothen Blutes in schwarzes.
   1) Erstickung auf mechanischem Wege.
   2) Krampf der Stimmritze (Laryngismus):
      a. durch unmittelbare Erregung des Centralheerdes der motorischen Nerven der Stimmritzenschliesser;
      b. durch mittelbare Erregung desselben (namentlich durch Reizung der sensibeln Nerven der Luftröhren-Schleimhaut).
   3) Asphyxie durch Gase.

B. Veränderungen des rothen Blutes anderer Art (durch Fermente, Gifte).

XVI.

Schluss.

Wir stellen zu klarerer Uebersicht die durch unsere Untersuchungen gewonnenen Hauptergebnisse in folgenden Sätzen kurz zusammen:

1) Die Krämpfe, welche bei der Verblutung warmblütiger Thiere und des Menschen eintreten, gleichen denjenigen, welche bei der Fallsucht beobachtet werden.
2) Krämpfe von derselben Form treten ein, wenn das Gehirn plötzlich seines rothen Blutes beraubt wird, wie dies bei der Unterbindung der grossen Schlagaderstämme des Halses der Fall ist.
3) Fallsuchtartige Krämpfe werden gleichfalls erzielt, wenn das arterielle Blut rasch die venöse Beschaffenheit annimmt, wie dies bei der Unterbindung der Luftröhre geschieht.
4) Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass der Eintritt der Krämpfe in diesen Fällen abhängt von der plötzlich unterbrochenen Ernährung des Gehirns. Er ist nicht bedingt durch die veränderten Druckverhältnise, unter die das Gehirn gestellt wird.

5) Die fallsüchtigen Krämpfe bei der Verblutung gehen nicht vom Rückenmark aus;
6) sie gehen auch nicht vom Grosshirn aus;
7) ihr Centralheerd ist vielmehr zu suchen in den excitabeln Bezirken des Gehirns, welche hinter den Sehhügeln gelegen sind.
8) Anämie der vor den Grosshirnschenkeln gelegenen Hirntheile bedingt beim Menschen Bewusstlosigkeit, Unempfindlichkeit und Lähmung; wenn Krämpfe dabei entstehen, so müssen auch excitable Theile hinter den Sehhügeln Veränderungen erlitten haben.
9) Anämie des Rückenmarks bedingt Lähmung der Gliedmassen, der Rumpf- und Athemmuskeln. Erreicht die Blutarmuth plötzlich den höchsten Grad, so gehen der Lähmung nur selten leichte zitternde Bewegungen der Gliedmassen voraus. Der Schliessmuskel des Afters verhält sich analog den Schliessmuskeln des Gesichts bei Anämie des Gehirns, d. h. er zieht sich krampfhaft zusammen, bevor er erschlafft.
10) Die Krämpfe bei der Verblutung sind weder psychische, noch sind sie Reflexkrämpfe.
11) Die Krämpfe bei der Verblutung treten nicht ein:
    a. bei kaltblütigen Thieren, wenigstens nicht beim Frosche;
    b. wenn die Verblutung langsam vor sich geht, so dass die Kräfte allmälig aufgezehrt werden;
    c. wenn die Thiere sehr geschwächt sind;
    d. wenn die Ernährung des Rückenmarks gelitten hat;
    e. wenn grosse Stücke der excitabeln Gehirnprovinzen entfernt sind;
    f. bei ätherisirten Thieren;
    g. zweifelsohne auch, wenn die excitabeln Gehirnbezirke gewisse pathologische Veränderungen erlitten haben.

12) Da die Strangulation Krämpfe hervorruft, die Aetherisation ihren Ausbruch hindert, so ist dadurch der Beweis geliefert, dass Aetherisation und Asphyxie zwei verschiedene Zustände sind.

13) Das Gehirn warmblütiger Thiere kann des Zuflusses von rothem Blut nur kurze Zeit entbehren, widrigenfalls es die Fähigkeit verliert, bei erneuter Tränkung mit Nährsaft seine Verrichtungen zu vollziehen und der Scheintod zum wirklichen Tod wird. Das Gehirn einiger Kaninchen bewahrte diese Fähigkeit 2 Minuten.

14) Es wird bisweilen nach Unterbindung der Schlagadern des Halses beobachtet, dass die Muskeln des Skeletts absterben und der Todtenstarre verfallen, bevor die Thätigkeit des linken Herzens erlischt. Das linke Herz ist somit nicht immer das Primum moriens unter den muskulösen Organen.

15) Die Verengerung mit nachfolgender enormer Erweiterung der Pupillen im Todeskampfe ist kein sicheres Zeichen des wirklich erfolgten Todes und der Unfähigkeit wieder belebt zu werden, wie Bouchut behauptet.

16) Zur Heilung der durch Blutmangel bedingten fallsuchtartigen Krämpfe ist kein Mittel geeigneter, als die erneute Zufuhr rothen Blutes.

17) Die schwächende Methode ist bei der Behandlung der Fallsucht fast immer verwerflich, was namentlich von den Blutentziehungen gilt.

18) Die Blutmasse in der Schädelhöhle lässt sich am Lebenden auf dem Versuchswege beträchtlich mehren und mindern.

19) Blutüberfüllung der Schädelhöhle wird erzielt durch Lösung der Sperre des Stromlaufs in den Halsschlagadern (arterielle Congestion), durch Unterbindung der Halsvenen (venöse Con-

gestion), besonders bei gleichzeitiger Durchschneidung der sympathischen Halsstränge (venös-arterielle Congestion), endlich durch Unterbindung der Luftröhre während der Einathmung (venöse Congestion bei Asphyxie).

20) Blutarmuth der Schädelhöhle ist hervorzurufen durch Verblutung und Unterbindung der Halsschlagadern (passive Anämie), sowie durch elektrische Reizung der bewegenden Gefässnerven des Kopfes (active Anämie).

21) Der Blutgehalt der Schädelhöhle nach der Unterbindung der Schlagadern ist grösser als nach der Verblutung; die Blutarmuth betrifft immer vorzugsweise die kleinen Arterien, die Haargefässe und die kleinsten Venen.

22) Aus dem Blutgehalt des Schädels im Tode ist es selten möglich, auf den im Leben sichere Rückschlüsse zu machen. Der Todeskampf setzt zahlreiche Bedingungen, welche den Stromlauf des Blutes im Schädel abändern, und wahrscheinlich kann auch in der Leiche noch der Blutgehalt Veränderungen erleiden.

23) Die Erscheinungen des unvollkommenen fallsüchtigen Anfalls lassen sich aus Veränderungen des Grosshirns allein herleiten, die Erscheinungen des vollkommenen Anfalls dagegen setzen eine Veränderung des ganzen Gehirns voraus. Die Krämpfe in der Fallsucht sind mit Recht als cerebrale zu bezeichnen, und das Rückenmark spielt dabei wahrscheinlich nur die Rolle eines Leiters, wobei es die Anstösse, die es vom Gehirn her empfängt, den Muskeln übermittelt.

24) Umschriebene anatomische Veränderungen des Gehirns oder Veränderungen von längerer Dauer können die nächste Ursache epileptischer Anfälle nicht darstellen, wohl aber fallsüchtige Zustände bedingen (zur Fallsucht disponiren).

25) Die pathologische Anatomie vermag keinen Aufschluss über das Wesen der Fallsucht zu geben.

26) Die plötzlich aufgehobene Ernährung ist nur eines der Momente, wodurch das Gehirn in jenen eigenthümlichen inneren Zustand geräth, der sich als fallsüchtiger Anfall offenbart.

27) Die arterielle Congestion des Gehirns scheint nicht im Stande zu sein, andere als Lähmungserscheinungen (Schwindel und Schlagfluss) hervorzurufen.

28) Die venöse Congestion des Gehirns, sowie die arteriell-venöse Congestion bedingen Zustände, welche eher den apoplektischen, als den epileptischen einzureihen, und durch Glottislähmung bei grosser Verlangsamung der Athmung und geringem Hervortreten krampfhafter Erscheinungen ausgezeichnet sind.

29) Der Sphagiasmus und Trachelismus M. Hall's sind nicht als Quelle fallsüchtiger Anfälle zu beschuldigen, wohl aber der Laryngismus. — Alle Theorien, welche den fallsüchtigen Anfall aus plötzlichem Blutandrang activer, passiver oder gemischter Natur hervorgehen lassen, sind falsch.

30) Es ist wahrscheinlich, dass gewisse Formen der Fallsucht in einem Krampfe der Gefässmuskeln der Gehirnarterien beruhen.

31) Der fallsüchtige Zustand, der zu den Anfällen disponirt, nimmt bald das ganze Gehirn ein, bald nur einzelne Bezirke, von denen aus das übrige Gehirn in denjenigen veränderten Zustand gebracht wird, welcher dem fallsüchtigen Anfall zu Grunde liegt.

32) Die Medulla oblongata scheint als Ursprungsstelle der Glottisverengerer und der vasomotorischen Nerven häufig den Ausgangspunkt eclamptischer und epileptischer Anfälle darzustellen.

Nachtrag.

Erst nach Beendigung vorstehender Abhandlung kam uns ein höchst merkwürdiger Fall von Epilepsie zur Kenntniss, der die Ansicht, wornach die Medulla oblongata zuweilen den centralen Ausgangspunkt der fallsüchtigen Anfälle abgiebt, kräftig unterstützt.

In dem Krankenhause zu Frankenthal in der Rheinpfalz starb im Jahre 1823 ein 12 Jahre alter, geistesschwacher Knabe, der von seiner Geburt an fallsüchtig gewesen, und den Trieb zu stehlen in hohem Grade besessen hatte. Die Anfälle wiederholten sich, selbst an demselben Tage, häufig. Sie zeigten das Eigenthümliche, dass sie besonders dann sich einstellten, wenn der Kranke starke Drehbewegungen mit dem Kopfe vornahm, sie hatten eine auffallend kurze Dauer, hielten immer nur einige Minuten an und das Bewusstsein kehrte auffallend rasch, viel früher als bei andern Epileptischen zurück.

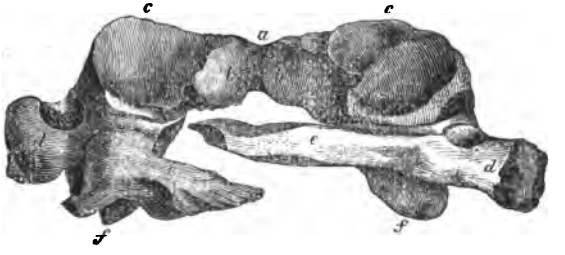
Nach einem heftigen Anfalle erkrankte der Knabe schwer, und schon am andern Tage liessen alle Symptome auf eine acute Phrenitis schliessen, worauf der Kranke am siebenten oder achten Tag verstarb.

Die Section ergab bei unveränderten Schädelknochen neben Erscheinungen von Meningitis und Wasserergiessung in die Schädel- und Rückenmarkshöhle, sowie in die Ventrikel, eine Bildungsanomalie des ersten Halswirbels von grosser Seltenheit. Der Atlas war nämlich nicht völlig verknöchert, sondern er bestand aus zwei getrennten seitlichen Hälften, die am vordern Bogen in der Mitte durch einen weichen Zwischenknorpel und Bandmassen zusammengehalten wurden, am hintern Bogen aber nur durch sehr dünne, bewegliche, fadenähnliche Bänder verbunden waren, so dass hier die Knochenenden übereinander hin bewegt und dadurch die Oeffnung für das Rückenmark bedeutend verengt werden konnte. Es ist also viel Grund zu vermuthen gegeben, die fallsüchtigen Anfälle seien in

diesem Falle von dem Druck, den die Medulla oblongata bei Drehung des Kopfes erlitt, ausgegangen.

Der Wirbel befindet sich noch jetzt in der an interessanten Präparaten so reichen Sammlung des Frankenthaler Krankenhauses, wo wir ihn kürzlich zu betrachten Gelegenheit hatten. Die mitgetheilten Notizen über den Kranken, dem er angehörte, verdanken wir der bekannten Freundlichkeit des trefflichen derzeitigen Vorstandes jener Anstalt, des Herrn Kantonsarztes Dr. Bettinger. Dieselben sind theils entnommen dem Jahresberichte für 1823, von dem damaligen Vorstande der Anstalt, dem kürzlich verstorbenen Herrn Dr. Dapping, der den Wirbel 1829 der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Heidelberg vorlegte (vgl. den Bericht von Tiedemann und Gmelin S. 73), theils einem Briefe des Herrn Dr. Hepp in Zürich vom 31. März 1857, welcher den Knaben gleichfalls beobachtet hat. Herr Hepp befand sich im Besitze von Abbildungen des Wirbels, deren eine wir beifügen, um eine deutlichere Vorstellung des merkwürdigen Präparates zu gewähren.

Die Zeichnung giebt den Wirbel von hinten und etwas von oben.



a. Die knorpliche Zwischenmasse, welche die beiden Seitenhälften in der Mitte des vorderen Bogens verbindet.

b b. Gelenkflächen für den Zahnfortsatz des zweiten Halswirbels.

c c. Die obern Gelenkflächen zur Aufnahme der Gelenkhöcker des Hinterhauptbeins.

d d. Processus transversi mit den Löchern zum Durchgang für die Wirbelschlagadern.

e e. Die hintern getrennten und ungleich grossen Bogenhälften, welche am Lebenden durch bewegliche Bänder verbunden waren.

f f. Die unteren Theile der Massæ laterales.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass linkerseits auf der oberen Fläche des Wirbels hinter der Massa lateralis eine Art Halbkanal, worin wahrscheinlich die Wirbelschlagader verlief, sich findet, während rechterseits von einer solchen rinnenförmigen Vertiefung keine Spur zu finden ist.

Berichtigungen.

S. 9. Z. 5 v. u. statt seinen lies seien.

S. 13. Z. 1 v. u. st. und fürchten Lähmung l. und fürchten unter solchen Umständen Lähmung.

S. 47. Z. 9 v. u. st. Mitte Lücke l. Mitte der Lücke.

S. 50. Z. 4 v. u. st. so entstanden trotz der l. so entstanden erst jetzt und trotz der.

S. 86. Z. 15 v. u. st. Anlassen l. Anfassen.

S. 90. Z. 2 v. o. st. dem l. den.

S. 101. Z. 3 v. u. st. Cope l. Coze.

S. 106. Z. 23 v. o. st. Richtigkeit l. Gültigkeit.

II.

Untersuchungen über thierische Elektricität.

Von

Emil du Bois-Reymond.

Dritte Abhandlung*).

In meiner vorigen Abhandlung **) habe ich die Versuche beschrieben, die ich angestellt habe, um bei erschlafften Muskeln den Muskelstrom von den Gliedmassen des lebenden unversehrten Menschen abzuleiten. Es ergab sich bald, dass am Menschen, wie am Frosch, zwei Hautstellen im Allgemeinen nicht können zum Kreise geschlossen werden, ohne dass ein Strom entstehe. In vielen Fällen war dabei ohne Weiteres klar, dass dieser Strom mit den Muskeln nichts zu schaffen habe, sondern von der Haut selber auf irgend eine Art erzeugt werde. Da sich aber nicht zugleich beim Menschen, wie beim Frosch ***), ein Mittel vorfand, die Haut ihrer elektromotorischen Wirksamkeit zu berauben, so war die erste Aufgabe die, diese Wirksamkeit genau genug zu erforschen, um vor Täuschungen durch dieselbe gesichert zu sein.

---

*) Mitgetheilt vom Herrn Verfasser aus den Monatsberichten der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 6. und 20. Januar 1853.

**) Bd. II dieser Zeitschrift S. 247.

***) Ebendaselbst S. 141.

verschiedener Punkte einer und derselben oder, was auf das nämliche hinausläuft, asymmetrischer Punkte beider Körperhälften zu, zwischen denen man unter gewissen Voraussetzungen erwarten durfte, den Muskelstrom erscheinen zu sehen. In der That ergab es sich nun, dass man dabei fast stets Ströme von grosser Stärke in beständiger Richtung beobachtet, die beim ersten Anblick, wenigstens zum Theil, wohl für den Muskelstrom genommen werden könnten. Solche Ströme verlaufen vornehmlich von der Hand zum Ellbogen, von der Hand und dem Fuss zum Rumpf, ganz wie beim Frosch der Muskelstrom. Sie behalten ihre Richtung bei in den verschiedenartigsten Zuleitungsflüssigkeiten. Sie könnten also ganz wohl der Muskelstrom sein. Allein alsdann müssten sie bei der Zusammenziehung der Muskeln eine negative Schwankung von angemessener Grösse wahrnehmen lassen.

In meiner vorigen Abhandlung habe ich bereits angekündigt, dass dies nicht der Fall ist, und damit sind auch jene Ströme, trotz dem ersten täuschenden Anschein, unerbittlich in's Gebiet blosser Hautströme verwiesen, hinter denen sich vielleicht ein von den Muskeln ausgehender Bruchtheil verbergen mag, der aber auf keine Weise rein daraus zu scheiden ist.

Die Versuche selber, aus denen dies hervorgeht, habe ich damals noch nicht mitgetheilt, sondern ihrem Ergebniss nur gerade so weit vorgegriffen, als nöthig war, um die Untersuchung über die Hautströme zu einer Art von Abschluss zu bringen. Hier soll die Beschreibung dieser Versuche und überhaupt aller daran sich knüpfenden folgen, welche ich angestellt habe, um am unversehrten menschlichen Körper Spuren der negativen Schwankung des Muskelstroms bei der Zusammenziehung wahrzunehmen.

Wir versetzen uns also zunächst auf den Standpunkt zurück, als schwebten wir noch in Ungewissheit darüber, ob wir es in den Strömen von der Hand zum Ellbogen, von Hand und Fuss zum Rumpf mit dem Muskelstrom zu thun haben oder nicht, und wollten diese Frage dadurch ihrer Entscheidung näher führen, dass wir die negative Schwankung zu beobachten streben, die jene Ströme, wenn sie

von den Muskeln ausgehen, bei der Zusammenziehung erleiden müssen. Ueber die Art und Weise, diese Versuche anzustellen, ist Folgendes zu bemerken.

Zunächst ist klar, dass man nicht wird so zu verfahren haben, dass man die Stärken des Stroms zwischen zwei Körperstellen, einmal bei erschlafften Muskeln wie bisher, sodann bei zusammengezogenen, in Vergleich zu bringen sucht. Sondern man wird die Nadel unter dem Einfluss des Stroms sich ihre Gleichgewichtslage suchen lassen, und nachdem sie sie gefunden, wird man die Zusammenziehung mit der Vorsicht vornehmen, dass dabei keine Veränderung der elektromotorischen Wirkungen stattfinden könne, die ihren Sitz haben an der Grenze von Haut und Zuleitungsflüssigkeit.

Man wird also erstens darauf zu achten haben, dass die Tiefe die nämliche bleibt oder wenigstens nicht vermehrt wird, bis zu der die Glieder eintauchen, widrigenfalls ein Ungleichzeitigkeitsstrom erfolgen würde. Um diese Bedingung zu erfüllen, müssen die eingetauchten Gliedmassen bei der Muskelanstrengung auf passende Weise gestützt werden, so dass keine Verschiebung derselben stattfinden kann. Um aber auch eine solche Verschiebung, selbst wenn sie stattfände, unschädlich zu machen, kann man sich verschiedener Kunstgriffe bedienen. Man kann z. B. den Körpertheil in der Höhe, bis zu der er eingetaucht ist, mit Collodium in solcher Breite bestreichen, dass bei etwaigen Schwankungen des Theiles doch unmöglich jemals weder der obere Rand des Collodiumringes unter, noch der untere über den Spiegel der Zuleitungsflüssigkeit gelangen kann. Oder man kann die Bekleidung der Zuleitungsplatten*) nachahmen, indem man den Körpertheil mit einer einsaugungsfähigen Hülle umgiebt, welche sich mit der Lösung tränkt und Ursach wird, dass er auch bei Schwankungen der Höhe, bis zu der er eintaucht, stets in gleicher Art mit der Flüssigkeit benetzt bleibt. Indessen sind nach meiner Erfahrung diese künstlichen Versuchsweisen überflüssig. Es genügt vielmehr, den Körpertheil, ehe man die Zusammenziehung

*) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 214.

vornimmt, etwas tiefer eingetaucht zu halten, als man es während der Zusammenziehung selber zu thun gedenkt. Wenn man ihn alsdann in der Flüssigkeit auf- und niederbewegt, jedoch so, dass dabei keine neue Hautstelle benetzt wird, findet keine irgend in Betracht kommende elektromotorische Wirkung statt.

Für's zweite ist dafür zu sorgen, dass nicht bei der Zusammenziehung die eingetauchte Haut ausgedehnt werde, widrigenfalls ein Dehnungsstrom erfolgen würde.

Was sodann die Zusammenziehung selber betrifft, so wird man es natürlich hier so wenig als beim Frosch bewenden lassen dürfen bei einer einzigen, wenn auch noch so heftigen Zuckung. Sondern man wird an dem betheiligten Gliedmass durch den Willen den Zustand der Muskeln zu erzeugen haben, den wir beim Frosch durch Tetanisiren auf elektrischem Wege oder durch Strychnin herbeizuführen pflegen, d. h. eine dauernde möglichst heftige Anspannung sämmtlicher Muskeln, so weit sich dies hier mit der Bedingung verträgt, dass das Gliedmass zugleich unbeweglich in einer für die Ableitung des Stromes möglichst günstigen Stellung verharren soll. Ich nenne dies das Gliedmass willkürlich tetanisiren.

Wir beginnen damit, den menschlichen Körper auf die nämliche Weise in den Multiplicatorkreis einzuführen, wie ich dies früher bereits von dem lebenden unversehrten Frosch beschrieben habe *), nämlich so, dass die Ableitung einerseits an beiden Füssen, andererseits am Rumpfe geschieht. Es werden die Füsse in die mit Kochsalzlösung gefüllten Fussgefässe **) gesetzt und die Ableitung am Rumpfe mittelst des Brustgefässes ***) bewerkstelligt.

Die beiden Fussgefässe einerseits, das Brustgefäss andererseits, sind mit den beiden Multiplicatorenden verknüpft. Es herrscht im Kreise ein in den Beinen aufsteigender Strom, der die Nadel des Multiplicators für den Nervenstrom auf 60° bis 80° beständiger Ablenkung hält.

---

*) Annales de Chimie et de Physique. 1850. 3me Sér. t. XXX. p. 126. *

**) Bd. II dieser Zeitschrift S. 260.

***) S. ebendas. S. 268.

Werden nun sämmtliche Muskeln der beiden Beine möglichst stark und dauernd angespannt, so setzt sich die Nadel in Bewegung, und zwar nähert sie sich etwas der Hemmung, oder, mit anderen Worten, die Folge des willkürlichen Tetanus ist keine negative, sondern eine schwache positive Schwankung des herrschenden Stromes.

Derselbe Versuch gelingt natürlich auch mit nur einem Beine, nur dass die Wirkung noch schwächer ausfällt. Er gelingt auch mit den Armen statt der Beine und den Händen in den Handgefässen statt der Füsse in den Fussgefässen. Und zwar ist der Erfolg der Richtung nach dabei der nämliche als mit den Beinen. Man beobachtet einen positiven Ausschlag der durch den beständigen Strom von der Hand zur Brust dauernd abgelenkten Nadel.

Bei diesem Versuch ist jedoch wohl darauf zu achten, dass man nicht etwa, wozu man sich leicht verleiten lässt, die Faust in der Zuleitungsflüssigkeit balle. Denn sei's, dass man dies erst in dem Augenblick zu thun anfängt, wo man die Zusammenziehung der Armmuskeln vornimmt, sei's, dass man schon vorher die Faust in der Flüssigkeit geballt hielt, und sie nur im Augenblick der Zusammenziehung fester schliesst: in beiden Fällen wird, gemäss dem, was ich in der vorigen Abhandlung gesagt habe, die Haut des Handrückens durch die Ausdehnung, die ihr widerfährt, plötzlich positiver gemacht, und die Folge ist eine negative Wirkung auf die Nadel, welche die sonst stattfindende positive nicht nur mit Leichtigkeit aufhebt, sondern sie sogar überwiegt. Man muss daher bei diesem Versuche die Hände vielmehr mässig ausgestreckt und unverrückt in der Zuleitungsflüssigkeit halten, die Spitzen der Finger etwa auf den Grund der Handgefässe gestützt, um die gleiche Tiefe des Eintauchens während der Anspannung zu sichern.

Endlich erhält man auch einen positiven Ausschlag, wenn man den aufsteigenden Strom von Hand und Ellbogen ableitet, und plötzlich alle Muskeln des Armes dauernd und heftig anspannt. Die Ableitung an der Hand bewerkstelligt man dabei am besten, indem man nur einen Finger, z. B. den Zeigefinger, in eines der Finger-

gefässe taucht*), wobei man die Hand selber auf eine später zu beschreibende Art stützt. Das Handgefäss, worin man den Ellbogen taucht, muss man, damit die Anordnung bequem sei, so aufstellen, dass der Spiegel der Zuleitungsflüssigkeit darin sich etwa 1 Dm. unter dem Spiegel der Flüssigkeit in dem Fingergefässe befinde.

Wie man sieht, ist durch diese Versuche zunächst die Frage entschieden nach der Natur der von der Hand zum Ellbogen, von Hand und Fuss zur Brust aufsteigenden Ströme, ob sie der Muskelstrom seien oder von der Haut erzeugt. Diese Ströme können der Muskelstrom nicht sein, weil sie, bei der Zusammenziehung, keine negative Schwankung ihrer Stärke wahrnehmen lassen. Auf Grund dieser Entscheidung ist am Schluss der vorigen Abhandlung das bereits oben erinnerte Urtheil gefällt worden, dass das Unternehmen, den Strom der ruhenden Muskeln vom lebenden unversehrten menschlichen Körper abzuleiten, als völlig gescheitert anzusehen sei.

Aber neben dieser, ein unerwünschtes Ergebniss feststellenden Bedeutung haben diese Versuche noch eine andere, von der bisher noch nicht die Rede war, und wodurch sie reichen Ersatz zu versprechen scheinen für das, was sie, vermöge der ersten Bedeutung, uns an Hoffnungen vereitelt haben. Früher wurde nur gesagt, dass die in den Gliedmassen aufsteigenden Ströme bei der Zusammenziehung keine negative Schwankung wahrnehmen liessen. So ist es in der That. Allein deshalb bleiben diese Ströme, wie man nun weiss, nicht etwa beständig bei der Zusammenziehung. Es findet vielmehr dabei ein positiver Ausschlag statt. Was kann dieser positive Ausschlag sein?

Ich werde im Verfolg dieser Abhandlung zeigen, dass, wenn man nicht angesichts des klarsten Augenscheins sich in die widersinnigsten Vermuthungen begeben will, durchaus nichts übrig bleibt, als in diesem positiven Ausschlage den Ausdruck zu sehen der den Tetanus begleitenden negativen Schwankung eines Muskelstroms, welcher in den Gliedmassen zufällig dem aufsteigenden Hautstrom entgegen,

*) S. ebendas. S. 261.

also absteigend gerichtet ist. Doch ehe wir an die Erörterung der Gründe für und wider diese Meinung gehen, wird es zweckmässig sein, zuvor die Erscheinung selber noch etwas weiter zu verfolgen.

Eine bequemere Art zunächst, diese Erscheinung zu beobachten, wobei das stets schwierig zu handhabende Brustgefäss entbehrlich wird, besteht darin, die Hand in das eine Hand-, den Fuss in das eine Fussgefäss zu tauchen, die mit den beiden Multiplicatorenden verknüpft sind. Da der Widerstand der Haut einen sehr beträchtlichen Bruchtheil des Gesammtwiderstandes des Körpers ausmacht, so ist bei dieser Anordnung der Widerstand des Kreises nicht etwa, wie man glauben könnte, verdoppelt im Vergleich zu dem bei Anwendung des Brustgefässes, sondern möglicherweise sogar kleiner, weil die Gesammtoberfläche der Hand oder des Fusses dem Strom einen beträchtlich kleineren Widerstand entgegensetzen dürfte, als das in dem Brustgefäss von der Zuleitungsflüssigkeit bespülte Stück Brusthaut. Bei erschlafften Muskeln erhält man, wie man sich erinnert, zwischen Hand und Fuss in Kochsalzlösung einen starken Strom, der nicht selten anfangs im Bein die aufsteigende Richtung hat, bald jedoch in die absteigende umschlägt*). Gleichviel welche Richtung der Strom habe, spannt man die Muskeln des Armes an, so erfolgt eine im Arm, spannt man die des Beines an, eine im Bein aufsteigende Wirkung. Der Ausschlag ist also in Bezug auf den herrschenden Strom in beiden Fällen von entgegengesetzter Richtung und dadurch wird die Wirkung bezeichnet als verschieden von solchen, welche, wie z. B. die durch Erschütterung der Elektroden erzeugte, sich in beiden Fällen in gleicher Richtung kundgeben würden. Bei dem Versuch Arm und Bein zugleich mit gleicher Kraft anzuspannen, ist der Erfolg stets nach einigen Schwankungen der Nadel bald im einen, bald im andern Sinne, das entschiedene Ueberwiegen der Wirkungsrichtung bald des Arms, bald des Beins.

Am Beine gelingt es mir, statt der Muskeln des ganzen Beines, auch bloss die des Ober- oder des Unterschenkels anzuspannen. Es

*) S. ebendas. S. 269, 271.

erfolgen, bei Ableitung des Stromes von Hand und Fuss, Wirkungen in demselben Sinne, nur schwächer, als ob das ganze Bein willkürlich tetanisirt worden wäre. In stehender Stellung vermag ich am Oberschenkel den willkürlichen Tetanus auch auf eine einzige Muskelgruppe zu beschränken, nämlich auf die den Unterschenkel streckenden Muskeln Rectus femoris, Cruralis, Vastus externus und internus. Auch dabei geschieht ein im Bein aufsteigender Ausschlag, und zwar rechne ich wegen der grossen Spannung, die ich den betreffenden Muskeln dauernd zu ertheilen im Stande bin, diese Form des Versuchs zu den günstigeren unter den bereits beschriebenen und noch zu beschreibenden. Mehrmals, wenn ich diesen Versuch öfter hintereinander anstellte, bekam ich einen Krampf in jener Muskelgruppe, so dass die Zusammenziehung, abgesehen von dem ersten Anstoss, ganz unwillkürlich vor sich ging und einige Zeit sehr schmerzhaft anhielt. Auch bei dieser unwillkürlichen Anspannung der Muskeln zeigte sich der im Bein aufsteigende Ausschlag.

Am Beine lässt sich, wie man so eben gesehen hat, die Zusammenziehung nach Belieben auf die beiden Abtheilungen des Gliedmasses, Ober- und Unterschenkel, einschränken, und die elektromotorische Wirkung, die diese Abtheilungen bei der Zusammenziehung einzeln erzeugen, dergestalt bei der nämlichen Art der Ableitung erforschen, wie die entsprechende Wirkung am ganzen Bein. Nicht so am Arm. Hier gelingt es mir nicht, die Zuzammenziehung nach Belieben auf Ober- und Unterarm einzuschränken. Um daher die elektromotorische Wirkung dieser einzelnen Abtheilungen des oberen Gliedmasses kennen zu lernen, muss man den Strom von ihnen allein ableiten, während man den ganzen Arm willkürlich tetanisirt. Für den Unterarm ist dies schon oben geschehen in dem Versuch, durch den wir ursprünglich beabsichtigten auszumitteln, ob der bei erschlafften Muskeln von der Hand zum Ellbogen aufsteigende Strom eine negative Schwankung beim willkürlichen Tetanus würde erkennen lassen. Es zeigte sich statt dessen eine positive Schwankung. Es bleibt uns übrig, dieselbe Versuchsweise jetzt auf den Oberarm zu übertragen. Auf der einen Seite wird natürlich wieder der Ellbogen in das eine

Handgefäss getaucht, auf der anderen geschieht die Ableitung diesmal, statt durch die Hand des nämlichen, durch die des anderen Armes, durch das Brustgefäss, durch den einen oder den anderen Fuss. Ist die Nadel zur Ruhe gekommen, so spannt man sämmtliche Armmuskeln an mit der Vorsicht, den Beugungszustand des Ellbogengelenkes nicht zu verändern, damit kein Dehnungsstrom erfolge. Das Ergebniss ist auch hier ein im Oberarm aufsteigender Strom.

Es giebt noch eine andere Art, alle diese Versuche anzustellen, die uns jetzt wohl sehr nahe liegt, und die vor den bisherigen bedeutende Vortheile besitzt. Sie besteht darin, die Ableitung des Stromes, statt von asymmetrischen, vielmehr von symmetrischen Hautstellen vorzunehmen. Alsdann bleibt nach dem Verschwinden der bei der ersten Schliessung des Kreises sich stets kundgebenden flüchtigen Wirkungen nur der Eigenstrom zurück, dessen Stärke stets sehr viel geringer ist, als die der Ströme zwischen asymmetrischen Hautstellen. Mit Hülfe der Ladungen kommt die Nadel auf den Nullpunkt zurück oder stellt sich ihm wenigstens sehr nahe ein. Wird nun von den beiden im Kreise befindlichen symmetrischen Muskelmassen nur die eine angespannt, so muss ein Strom entstehen nach den vorigen Versuchen in leicht vorherzubestimmender Richtung.

Die Vortheile dieser Versuchsweise, welche an die häufig angewandte Methode der Compensation erinnert, springen in die Augen. Da der Widerstand von Hand zu Hand und von Fuss zu Fuss dem Widerstand von Hand zu Fuss etwa gleich kommt, so ist der Widerstand des Kreises nicht grösser als zuvor. Es wird also die Nadel auf dem Nullpunkte selber oder in dessen Nähe getroffen von derselben Summe elektrodynamischer Kräfte, denen sie, bei den bisherigen Versuchsweisen, in einer sehr hohen Breite der Theilung ausgesetzt wurde. Bei gleicher elektromotorischer Leistung wird man also eine viel grössere Bewegung der Nadel beobachten, und durch Anspannen der beiden symmetrischen Muskelmassen nach einander wird man bei gleicher Leistungsfähigkeit beider vom Nullpunkt aus nach beiden Richtungen fast gleiche Ausschläge erfolgen sehen. Da die Ausschläge von einem und demselben Punkt der Theilung, eben dem

Nullpunkt ausgehen, so werden sie der Grösse nach vergleichbar. Endlich ist es an und für sich schon als ein namhafter Gewinn zu rechnen, dass der Kreis frei bleibt von den starken Ladungen, durch deren leicht schwankende Grösse bei den früheren Anordnungen ein Quell der Unsicherheit mehr gegeben ist.

Sowohl mit den beiden Füssen in den beiden Fussgefässen, als mit den beiden Händen oder den beiden Ellbogen in den beiden Handgefässen bewährt sich diese Versuchsweise sehr gut. Man erhält vom Nullpunkt aus am Multiplicator für den Nervenstrom Ausschläge von 40—60°. Zwischen der elektromotorischen Leistung der Arme und der Beine zeigt sich dabei kein in die Augen fallender Unterschied.

In dem Versuch mit den Armen nimmt man, wie schon bei einer früheren Gelegenheit (S. oben S. 132), die Ableitung mit grossem Vortheil, statt von den ganzen Händen, nur von zwei einzelnen in die Fingergefässe getauchten Fingern vor. Für die Ableitung selber ist es gleichgültig, welche Finger und wieviel eingetaucht werden. Allein es ist bei weitem am vortheilhaftesten, sich der Zeigefinger zu bedienen. Diese kann man nämlich am weitesten vorstrecken, und daher beim Gebrauch derselben am leichtesten vermeiden, dass noch andere Punkte der Hand mit der Wand des Zuleitungsgefässes in Berührung kommen, wodurch Ströme entstehen, sobald die Wand nicht völlig trocken ist. Um diesem Zufall um so sicherer vorzubeugen, und zugleich um zu verhindern, dass die Tiefe schwanke, bis zu der die Finger eingetaucht sind, ist es erwähntermassen zweckmässig, dass die Hände während der Muskelanstrengung einen Stützpunkt haben. Diesen gewähre ich ihnen auf folgende Weise.

Die beiden Fingergefässe werden zu diesem Versuch, wie zu allen, wobei der Strom von zwei Fingern abgeleitet werden soll, am Rande des Arbeitstisches so aufgestellt, dass die Zuleitungsplatten darin sich in einer und derselben, diesem Rande parallelen Ebene befinden. Vor der Front der Gefässe wird mit Hülfe eigenthümlich geformter Zwingen ein hölzerner drehrunder Stab von 43 Cm. Länge und 32 Mm. Durchmesser angebracht. Die Axe des Stabes befindet sich, gleichfalls dem Rande des Tisches parallel, in geringer Höhe über

dem Rande der Gefässe, und in solchem Abstande von demselben, dass wenn man sich die cylindrischen Gefässe in die Höhe fortgesetzt denkt, ihr Umfang den des Stabes gerade berühren würde. Der Stab ist mit geringer Reibung um seine Axe drehbar. Man setzt sich an den Tisch, fasst den Stab mit beiden Händen, und indem man ihn in seiner oberen Hälfte von sich abdreht, taucht man die Zeigefinger in die Gefässe ein, so dass ihre Spitzen den Grund derselben berühren. Es tauchen dabei die beiden letzten Fingerglieder in die Lösung ein. So befindet man sich, nach meinem Gefühl, wie auch nach dem der zahlreichen Personen, welche diesen Versuch unter meiner Leitung angestellt haben, in einer überaus bequemen Lage, um die verschiedenen Muskelgruppen des Armes in die heftigste Spannung zu versetzen, welche die Stellung des Armes zulässt, ohne dass man irgend Gefahr liefe, dabei die Tiefe des Eintauchens zu verändern, oder die Zuleitungsgefässe mit neuen Punkten der Hand zu berühren.

Die Wirkung auf die Nadel fällt denn auch bei dieser Versuchsweise, trotz dem grösseren Widerstande des Kreises, nicht viel kleiner aus, als bei Anwendung beider Hände in den Handgefässen, weil eben die Anordnung eine so sehr viel bequemere ist für die Entfaltung der Muskelkräfte der Arme. Der Ausschlag in jeder Richtung beträgt 40—50°. Aber auch sonst ist diese Gestalt des Versuches bei weitem die bequemste, insofern sie zur Ableitung des Stromes keine anderen Vorrichtungen nothwendig macht, als die gewöhnlichen Zuleitungsgefässe, und insofern es viel leichter ist, über die Hautungleichartigkeiten an zwei Fingern Herr zu werden, als an den beiden Händen in ihrer ganzen Ausdehnung. Daher eignet sich denn auch diese Versuchsweise vornehmlich zur näheren Untersuchung der Erscheinung, und wo in der Folge nicht angegeben ist, auf welche Art die Ableitung des Stromes beim willkürlichen Tetanus geschah, ist die hier beschriebene vorauszusetzen.

Werden bei Ableitung von symmetrischen Hautstellen die Muskeln auf beiden Seiten gleichmässig angespannt, so müsste eigentlich das Gleichgewicht der Nadel ungestört bleiben. Dies ist jedoch

schen Hautstellen ableitet, ist darauf zu achten, dass der willkürliche Tetanus auch wirklich einseitig bleibe. Dies ist nicht Jedermanns Sache bei der ersten Probe. Schon die Fähigkeit hat nicht Jeder sogleich, ohne eine bestimmte Handlung zu beabsichtigen, ohne einen äusseren Widerstand, den es zu bewältigen gilt, seine Muskeln willkürlich in anhaltende Spannung zu versetzen. Geschweige dass er dabei die Anstrengung nach Belieben auf die eine oder die andere Seite zu beschränken vermöchte. Trotzdem ist der Versuch, unter meiner Leitung und an meinen Vorrichtungen, jetzt bereits etwa fünfzig Personen jedes Alters und Geschlechtes mehr oder minder gut geglückt.

Für's zweite gehört zu diesen Versuchen eine ausnehmende Empfindlichkeit des Multiplicators. Die gangbaren Instrumente für hydroelektrische Ströme von 1800—3000 Windungen reichen dazu nicht aus. Am Multiplicator für den Muskelstrom mit seinen 4650 Windungen, an dem ich übrigens die Erscheinung im Jahre 1845 zuerst beobachtete, erhalte ich nicht mehr als 5—7° Ausschlag. Erst der von mir sogenannte Multiplicator für den Nervenstrom von 24160 Windungen hat die hinreichende Empfindlichkeit, um die zarten Wirkungen, die es hier wahrzunehmen gilt, mit Bequemlichkeit sichtbar zu machen.

Theils um Andere in Stand zu setzen, den Versuch mit grösserer Leichtigkeit zu wiederholen, theils um ihn selber mit mehr Bequemlichkeit in verschiedenen Richtungen verfolgen zu können, bin ich vielfach, jedoch ohne grossen Erfolg, bemüht gewesen, eine Abänderung desselben ausfindig zu machen, wobei der Strom verstärkt erschiene.

Zuerst versuchte ich zu diesem Zweck die Polarisation der Elektroden wegzuschaffen, indem ich an Stelle der in Kochsalzlösung tauchenden Platinplatten Kupferplatten in schwefelsaurer Kupferoxydlösung anwendete. Es fand keine Verstärkung der Wirkung statt, die der Rede werth gewesen wäre.

Ein anderer Weg, den ich einschlug, um die elektromotorische Kraft in dem in Rede stehenden Versuch zu erhöhen, beruht auf der Betrachtung, wie unwahrscheinlich es sei, dass alle Muskeln eines Glied-

masses in demselben Sinne elektromotorisch durch den Kreis wirken. Die Resultante der Wirkung z. B. sämmtlicher Armmuskeln ist aufsteigend. Könnte man von der Anspannung die absteigend wirksamen Muskeln ausschliessen, so würde offenbar die Resultante grösser ausfallen; und könnte man gar auf der einen Seite nur die auf-, auf der anderen Seite nur die absteigend wirksamen Muskeln anspannen, so müsste man vollends eine beträchtliche Vergrösserung der Stromstärke erzielen.

Leider ist es nicht viel weniger unthunlich, die Gruppe der absteigend wirksamen Muskeln durch den Versuch herauszufinden, als durch die Betrachtung des Baues und der Lage der verschiedenen Muskeln. Es gelingt ja nicht einmal, Ober- und Unterarm einzeln mit der Heftigkeit anzuspannen, wie es der Versuch verlangt, geschweige dass man nach Belieben einzelne Muskeln dergestalt willkürlich tetanisiren könnte. Alles, was sich in dieser Beziehung thun lässt, ist, solche Muskelgruppen, durch deren Zusammenziehung gewisse Bewegungen ausgeführt werden, dadurch vereinzelt anzuspannen, dass man diese Bewegungen beabsichtigt. Solche Gruppen sind am Arme die Strecker und Beuger, die Pronatoren und Supinatoren, u. s. f. Es ist die Möglichkeit da, dass, durch einen glücklichen Zufall, die Vertheilung der Armmuskeln in zwei solche antagonistische Gruppen der Vertheilung nach ihrer Wirkungsrichtung wenigstens annähernd entspräche, so dass z. B. sämmtliche Strecker im Verein auf-, sämmtliche Beuger im Verein absteigend wirkten, oder umgekehrt. Ich versuchte daher die elektromotorische Wirkung durch das Anspannen solcher einzelnen Muskelgruppen zu beobachten.

Dies gelang für die Gruppen der Beuger und Strecker mit Hülfe des folgenden Kunstgriffes. Sollten z. B. nur die Beuger angespannt werden, so begab ich mich von vorn herein in eine solche Lage, dass der anzuspannende Arm völlig gebeugt war. Beim Anspannen suchte ich ihn dann noch mehr zu beugen, und drückte zugleich den Stab aus allen Kräften mit den Fingern, den eingetauchten Zeigefinger ausgenommen. Sollten nur die Strecker angespannt werden, so wurde auf entsprechende Weise verfahren. Der Erfolg war aber für den

Zweck, den wir hier zunächst im Auge haben, insofern nichtig, als in beiden Fällen sich die Wirkung in der nämlichen Richtung zeigt, wie wenn beide Gruppen zugleich angespannt werden *). Andere antagonistische Muskelgruppen lassen sich nicht in der Art gesondert anspannen, dass auch der Strom dabei noch mit Sicherheit abzuleiten ist.

Ein dritter Weg, auf dem möglicherweise hier eine Verstärkung zu erreichen sein mochte, bestand darin, mehrere Menschen säulenartig oder nach dem Bilde der zusammengesetzten Kette sich zu gemeinsamer Wirkung verbinden zu lassen. Die säulenartige Anordnung ist am vortheilhaftesten, wenn der Widerstand des Multiplicatorkreises grösser ist als der eines Menschen, die zusammengesetzte Kette, wenn das umgekehrte der Fall ist, was wohl bei weitem das häufigste sein dürfte. So einleuchtend diese Versuchsweise beim ersten Anblick erscheint, so wenig entspricht sie, bei näherer Prüfung, den davon gehegten Erwartungen.

Erstlich ist zu bemerken, dass alle die Schwierigkeiten des Versuches, welche von den Hautungleichartigkeiten herrühren, dabei in gleichem Maass vervielfacht werden, wie die Zahl der Personen, die an dem Versuch theilnehmen. Bei Anordnung des Versuches nach dem Bilde der zusammengesetzten Kette ist dies sichtlich nicht zu vermeiden. Bei der säulenartigen Anordnung könnte man auf den Einfall kommen, die verschiedenen Theilnehmer sich die befeuchteten Hände reichen zu lassen, wie es bei Versuchen über den Schlag der Kleist'schen Flasche u. d. m. üblich ist. Allein dies geht durchaus nicht an, da jede Veränderung in der Ausdehnung oder Innigkeit der

*) Dies ist das Ergebniss, auf welches ich mich in meiner vorigen Abhandlung S. 266 bezog, um zu beweisen, dass der starke absteigende Dehnungsstrom beim Faustballen nicht herrühre von der Anstrengung der Beugemuskeln der Finger. Unter dem dritten Merkmal, durch welches, wie dort gesagt ist, jener Dehnungsstrom und der Strom beim Tetanus der Beugemuskeln sich ausser durch Stärke und Richtung noch von einander unterscheiden, ist die oben S. 138 beschriebene Nachwirkung verstanden, die beim ersten Strome fehlt, beim zweiten stattfindet.

Berührung zwischen je zwei Händen gerade eben solche nur der Haut angehörige elektromotorische Wirkungen nach sich zieht, wie wir sie erkannt haben bei dem Versuch, die Ableitung von der Haut durch Bäusche zu bewerkstelligen*). Vielmehr muss zwischen je zwei Theilnehmern ein Gefäss mit Zuleitungsflüssigkeit angebracht, und durch Eintauchen der betreffenden Körpertheile in dasselbe die Ableitung des Stromes mit all den nämlichen Vorsichtsmassregeln vorgenommen werden, die sich aus dem Obigen für den Fall nur Einer Person ergeben.

Der zweite Umstand, durch den die Methode entwerthet wird, gab sich meinem Freunde Hrn. Kirchhoff und mir zu erkennen bei einigen auf ihre Prüfung gerichteten gemeinschaftlichen Versuchen. Wir fanden nämlich, wenn wir als zusammengesetzte Kette verbunden die Nadel ablenkten, die Wirkung nicht selten schwächer als die, welche jeder von uns einzeln hervorzubringen pflegte. Dies ist, ohne Hinzunahme eines neuen Erklärungsgrundes, ein ganz unbegreifliches Ergebniss. Denn es ist leicht zu zeigen, dass unsere gemeinsame Wirkung zwar hätte schwächer sein können als die stärkere der beiden Einzelwirkungen, dass sie aber stets hätte stärker sein müssen als die schwächere dieser beiden Wirkungen. Ich weiss daher, um den beobachteten Erfolg zu erklären, keine andere Auskunft, als sich zu denken, dass in solchen Fällen die Wirkungen bei Hrn. Kirchhoff und mir nicht gleichzeitig genug waren, keinen hinreichend übereinstimmenden Verlauf in der Zeit nahmen, so dass wir uns folgweise einer dem anderen eine blosse Nebenschliessung darboten oder uns im Multiplicatorkreise wenigstens mehr durch Nebenschliessung schwächten als durch Hinzufügung unserer partiellen Stromstärken verstärkten. Wie dem auch sei, es muss hienach doppelt zweifelhaft erscheinen, ob die Verbindung mehrerer Personen sei's zur Säule, sei's zur zusammengesetzten Kette wirklich einen tadelfreien Weg zur Verstärkung der Wirkung in diesem Versuch abgebe.

*) Bd. II dieser Zeitschrift S. 261.

Durch die Verbindung mehrerer Menschen zur Säule bezweckt man noch, wie durch die früher erörterten Versuchsweisen, die elektromotorische Kraft im Verhältniss zum Widerstande des Kreises zu erhöhen. Bei der zusammengesetzten Kette ist es aber bereits abgesehen auf Verminderung des Widerstandes bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft, und so führt diese Versuchsart zu den folgenden, wodurch dasselbe auf mehr unmittelbare Weise erstrebt wird einfach durch Erhöhung der Leitungsfähigkeit des am meisten widerstehenden Theiles des Kreises, dessen Widerstand auch allein einer Veränderung zugänglich ist, nämlich der Haut.

Eine wichtige Vorschrift bei Anstellung des Versuches, die an dieser Stelle ihren Platz finden mag, besteht demgemäss darin, die Finger, ehe man sie in die Zuleitungsflüssigkeit taucht, sorgfältig mit Seife zu waschen, dann mit Wasser abzuspühlen, und nur so weit abzutrocknen, dass die Haut noch durchfeuchtet *(moite)* in die Lösung gelangt.

Man kann aber den Widerstand der Haut auch noch dadurch vermindern, dass man ihre Temperatur erhöht *). Dies giebt eine sehr gute Versuchsweise ab. Mit Kochsalzlösung von 45° C. in den beiden Fingergefässen habe ich durch willkürliches Tetanisiren des einen Armes die Nadel des Multiplicators für den Nervenstrom um 60—70°, die des Multiplicators für den Muskelstrom um 10—12° abgelenkt.

Der Widerstand der Haut wird, wie man sich erinnert, auch dadurch vermindert, dass man ihr Gelegenheit bietet, sich mit besserleitenden Flüssigkeiten zu tränken **). Ich habe in dieser Beziehung nur wenig Versuche angestellt. In der schon so häufig erwähnten verdünnten Schwefelsäure von 1.061 Dichte erschien mir die Wirkung bei gleich grossen Elektroden etwas, wenn auch nicht viel grösser, als in der gesättigten Kochsalzlösung. Bei Anwendung klei-

*) S. ebendas. S. 251.

**) S. ebendas. S. 250.

ner Elektroden erschien sie kleiner, als ich aber abwechselnd die grossen in die gesättigte Kochsalzlösung und die kleinen in die verdünnte Schwefelsäure tauchenden Elektroden in den Kreis einer beständigen Kette und eines Multiplicators einschaltete, ergab sich der Schliessungsausschlag im ersten Falle weit beträchtlicher als im zweiten, wodurch jener Erfolg gerechtfertigt war.

Bei dieser Gelegenheit mag noch erwähnt werden, dass ich den Versuch, ausser mit gesättigter Kochsalz-, schwefelsaurer Kupferoxydlösung (s. oben S. 140) und der verdünnten Schwefelsäure als Zuleitungsflüssigkeit, auch noch angestellt habe mit Brunnenwasser, ferner mit der bekannten Kalihydratlösung, und gelegentlich auch mit gesättigter essigsaurer Natronlösung. In allen diesen Flüssigkeiten erschien der Strom beim willkürlichen Tetanus in der nämlichen Richtung. Seine Stärke zeigte dabei keine Abweichungen, die sich nicht auf den verschiedenen Widerstand des Kreises hätten deuten lassen.

Endlich giebt es noch eine Art, den Widerstand der Haut zu vermindern. Sie besteht einfach darin, die Oberhaut gänzlich zu entfernen. Die dadurch erzielte Verstärkung der Wirkung in diesen Versuchen ist, wie man sehen wird, sehr beträchtlich. Weder aber wird sich diese Versuchsweise sehr des Beifalls derjenigen zu erfreuen haben, die den Versuch nur zum Vergnügen wiederholen möchten, noch ist damit viel anzufangen behufs der weiteren Erforschung des Stromes beim willkürlichen Tetanus.

Schon wenn man an den beiden Zeigefingern kleine Stichwunden anbringt, findet unverkennbar eine Verstärkung dieses Stromes statt. Dies Verfahren taugt jedoch nichts, weil bei Gegenwart zweier frischen Stichwunden an den Fingern die Nadel nicht ordentlich zur Ruhe kommt, sondern bald auf der einen, bald auf der anderen Seite des Nullpunktes um eine beträchtliche Grösse abgelenkt erscheint. Nachstehendes ist die Gestalt, die ich diesem Versuch zuletzt ertheilt habe.

Um die Oberhaut in grösserer Ausdehnung zu entfernen, bediente ich mich, nach v. Humboldt's Vorgang bei einer ähnlichen Ge-

legenheit*), der spanischen Fliegen. Als Ort für die Ableitung des Stromes oder um die Wunden anzubringen, wählte ich die Rückenfläche des Unterarmes dicht über dem Handgelenk. Die Ableitung selber aber geschah folgendermassen.

Aus Guttapercha verfertigte ich mir zwei gleiche Vorrichtungen, eine für jedes Handgelenk, die ich die Handgelenkgefässe nenne. Jedes Handgelenkgefäss hat die Gestalt eines gewöhnlichen runden Männerhutes, aus dessen Kopf der Boden entfernt wäre. Die grosse Axe der Ellipse, welcher der Querschnitt des Kopfes der hutförmigen Handgelenkgefässe gleicht, misst 33, die kleine 20, die Höhe des Kopfes 62, die Breite der Krempe ungefähr 11 Mm. Diese Handgelenkgefässe wurden mit ihren geölten Krempen auf die Rückenfläche des Unterarmes an der bezeichneten Stelle so aufgesetzt, dass die lange Axe der Ellipse der Länge des Armes nach verlief, und mittelst eigenthümlicher Binden befestigt, welche die Krempen in ihrer ganzen Ausdehnung fest der Haut andrückten. Hält man dabei die Unterarme wagerecht, und die Hände in der Pronation, so steht der Kopf der Gefässe senkrecht, die Haut des Unterarmes bildet ihren Grund, und man kann sie, wenn das Aufsetzen gut gelungen ist, bis an den Rand mit einer Flüssigkeit füllen, ohne dass sie zwischen Krempe und Haut entweicht. Diese Flüssigkeit bespült die Haut im Grunde der Handgelenkgefässe völlig so frei, als ob sie darin eingetaucht wäre **), und lässt sich behufs der Ableitung durch ein Heberrohr oder einen Bausch leicht in Verbindung setzen mit den gewöhnlichen Zuleitungsgefässen. Damit ich aber nicht Gefahr liefe, sie zu verschütten bei Bewegungen der Arme, die das Anspannen begleiten könnten, bediente ich mich auch hier zur Stütze des oben S. 136 beschriebenen Stabes, den ich mit den Händen ergriff, ganz als ob es gälte, den Versuch in gewöhnlicher Art mit den Zeigefingern in den Zuleitungsgefässen anzustellen.

) Gren's Neues Journal der Physik. 1795. Bd. II. S. 119.

*) Bd. II dieser Zeitschrift S. 261, 262.

Ich versuchte nun zuerst, bei gesundem Zustande der Haut auf dem Grunde der Zuleitungsgefässe, welche Wirkung auf die Nadel ich erhalten würde beim willkürlichen Tetanus des einen Armes. Die Flüssigkeit in den Handgelenkgefässen war gesättigte Kochsalzlösung. Die Wirkung erwies sich als aufsteigend, aber zugleich als ganz ausnehmend schwach, nur 2—3° Ausschlag nach jeder Seite hin betragend, vielleicht allein wegen grösseren Widerstandes der Haut, vielleicht aber auch wegen unvortheilhafter Lage der Ableitungsstellen in Bezug auf die Anordnung der Muskeln.

Nachdem dergestalt die elektromotorische Wirkung des Tetanus bei dieser Art der Ableitung und bei unverletzter Haut erforscht war, legte ich mir am Abend desselben Tages Blasenpflaster an den Hautstellen, welche den Grund der Handgelenkgefässe bildeten. Die Blasenpflaster entsprachen, ihrer Gestalt nach, dem Querschnitt des Kopfes der Handgelenkgefässe, standen ihm aber an Grösse etwas nach. Am anderen Morgen waren zwei gute Blasen gebildet. Sie wurden geöffnet und die Oberhaut von denselben entfernt. Die Handgelenkgefässe wurden aufgesetzt, so dass sich die Wunden in deren Grunde befanden und mit Kochsalzlösung gefüllt, welche aber diesmal mit einem gleichen Volum Wassers verdünnt war. Rings um die Wunden war die Haut mit Collodium bestrichen. So war also schliesslich derselbe Kreis hergestellt als am Tage vorher, mit dem einzigen Unterschiede, dass am Grunde der beiden Handgelenkgefässe eine schlechter leitende Zuleitungsflüssigkeit eine etwas kleinere, dafür aber von der Oberhaut entblösste Hautstelle bespülte. Die Wunden erwiesen sich sehr schön gleichartig, so dass sich die Nadel nahe dem Nullpunkt einstellte. Kaum aber spannte ich die Muskeln des einen Armes an, so ging sie in aufsteigendem Sinne bis auf 65°. Dasselbe war der Fall mit dem anderen Arm. Jeder Arm wurde dreimal willkürlich tetanisirt und alle drei Male mit demselben Erfolge.

Als aber, nach mehreren Wochen, die Wunden wieder geheilt waren, so dass nur noch rothe Flecke ihre Stätte bezeichneten, wiederholte ich den Versuch, und beobachtete nun, wie man sich leicht

denken kann, das nämliche Ergebniss, wie das erste Mal vor Anlegung der Wunden.

Ich gebe, wie gesagt, diesen Versuch nicht als eine gelungene Antwort auf die Frage, deren Lösung wir uns hier eigentlich vorgesetzt haben, nämlich ein bequemes Mittel zur Verstärkung des Stromes beim willkürlichen Tetanus zu finden. Allein sein unzweifelhaftes Ergebniss, dass nämlich durch Entfernung der Oberhaut dieser Strom in der That verstärkt erscheint, wird uns an und für sich in der Folge von Wichtigkeit werden.

Es gab möglicherweise noch ein anderes Mittel, diese Versuche zugänglicher zu machen, nämlich Vertauschen des Multiplicators mit seinem Nebenbuhler an Empfindlichkeit, dem stromprüfenden Froschschenkel. Dies Mittel durfte um so weniger unversucht bleiben, als es, wäre dasselbe eingeschlagen, auch sonst von Wichtigkeit gewesen wäre, das Verhalten des stromprüfenden Schenkels während des willkürlichen Tetanus kennen zu lernen. Leider sind meine Bemühungen zu diesem Zweck vergeblich geblieben.

Die Anordnungen, welche ich versuchte, waren zuerst die Finger, die Hände oder die Füsse in den entsprechenden Gefässen. Statt der metallischen Multiplicatorenden tauchten in die Zuleitungsgefässe mit Eiweisshäutchen bekleidete Bäusche und waren mit dem stromprüfenden Nerven überbrückt. In dem Versuch mit den Füssen war die als Zuleitungsflüssigkeit dienende gesättigte Kochsalzlösung erwärmt. Sodann brachte ich auch den stromprüfenden Schenkel zwischen der Zunge und einer an der Rückenfläche des Handgelenkes befindlichen Blasenpflasterwunde an, oder zwischen zwei solchen Wunden. Zuletzt, weil ich damals noch nicht im Besitz der Handgelenkgefässe und somit zweifelhaft war, ob zwischen beiden Wunden oder zwischen Zunge und Wunde wirklich ein kräftiger Strom im Augenblick der Zusammenziehung kreise, legte ich mir noch an einem und demselben Arme zwei Blasenpflaster, das eine über dem natürlichen Längsschnitt des Supinator longus und Extensor carpi radialis longus, das andere über dem unteren natürlichen Querschnitt des Triceps brachii. Zwischen den Wunden schloss ich bald mit dem

stromprüfenden Froschschenkel, bald nur mit seinem Nerven, indem ich von den Wunden her mit Salzlösung getränkte Bäusche einander so nahe führte, dass der Nerv den Zwischenraum überbrücken konnte.

Nie jedoch fand, in irgend einem dieser Fälle, die leiseste Zukkung des stromprüfenden Schenkels statt, die als secundäre Zuckung auszulegen gewesen wäre. Unter der Voraussetzung, dass die einzelnen willkürlichen Zuckungen der menschlichen Gliedmassen dieselbe Geschwindigkeit haben wie die elektrischen der Froschmuskeln, und dass der willkürliche Tetanus eben so unterbrochener Natur sei, als der elektrische, würde jener Mangel an Erfolg einfach dadurch zu erklären sein, dass die Ströme nicht die hinlängliche Stärke hatten, um Zuckung zu erregen. Nichts beweist aber auch, dass sie diese Stärke wirklich erreichen, d. h. dass sie, beständig gedacht, etwa dem Nervenstrom gleich kommen, der die Nadel des dafür bestimmten Multiplicators an die Hemmung führt und unter den günstigsten Bedingungen eben noch vermag, Zuckung zu erzeugen.

Aber auch die beiden ersten Voraussetzungen stehen keineswegs fest. Erstens überzeugt man sich leicht an sich selber, dass einzelne willkürliche Zuckungen nicht dieselbe Geschwindigkeit haben, als elektrische. Für's zweite ist zwar gewiss auch hier die Zusammenziehung unterbrochener Art. Allein es ist fraglich, ob beim willkürlichen, wie beim elektrischen Tetanus, alle Muskeln zu gleicher Zeit zucken und erschlaffen, oder ob nicht vielmehr, worauf das Zittern des angespannten Gliedmasses zu deuten scheint, die Maxima der Zusammenziehung einer Muskelgruppe zusammenfallen mit den Minima einer andern. Dies könnte zur Folge haben, dass die Curve der Muskelstromstärke bezogen auf die Zeit, die ihr sonst während des Tetanus zustehende kammförmige Gestalt ganz oder zum Theil einbüsste. Es würde nämlich von den beiden ihre Ordinaten summirenden kammförmigen Curven, die zu den beiden Muskelgruppen gehören, die eine so weit gegen die andere verschoben, dass ihre Zähne in die Zahnlücken der anderen fielen, so dass statt einer unterbrochenen eine fast stetige Senkung der resultirenden Curve den willkürlichen Tetanus begleitete.

Unter diesen Umständen erscheint es doppelt erklärlich, wenn es nicht gelingt, mittelst der obigen Versuchsweisen secundäre Zuckung oder secundären Tetanus von den menschlichen Gliedmassen zu erlangen. Allein zugleich wird es nothwendig, ehe man dies aufgiebt, jetzt auch noch eine andere Versuchsweise zu prüfen. Es muss der stromprüfende Nerv in den Kreis symmetrischer Hautstellen so gebracht werden, dass man den Kreis schnell herstellen und wiederum abbrechen könne, entweder mittelst eines verquickten Kupferhakens in Quecksilber oder mittelst eines Schliessungsbausches, der über eine durch Bäusche begrenzte Lücke des Kreises gebrückt ist *). Nachdem man sich überzeugt hat, dass der Schenkel dabei in Ruhe bleibt, müssen die Muskeln einseitig angespannt, und das Schliessen und Oeffnen des Kreises wiederholt werden. Ich habe den Versuch auch in dieser Art bei den meisten der oben aufgezählten Anordnungen angestellt, indessen auch so durchweg ohne Erfolg **).

Ich gehe jetzt über zur Erörterung des dargelegten Thatbestandes. Ich fasse denselben folgendermassen auf. Der Strom beim willkürlichen Tetanus ist die negative Schwankung des Muskelstromes der Gliedmassen. Jener Strom ist aufsteigend in den Armen und Beinen, und in deren Unterabtheilungen. Der Strom der ruhenden Muskeln, bei denselben Anordnungen, ist also absteigend. Wegen der parelektronomischen Schicht sind die Muskeln bei der Ruhe noch sehr viel schwächer positiv wirksam als bei der Zusammenziehung negativ. Ihre absteigende Wirkung bei der Ruhe verschwindet demnach völlig neben der starken aufsteigenden, die von der Haut ausgeht. Da aber letztere bei der Zusammenziehung beständig bleibt, so kann alsdann die stärkere negative Wirkung der Muskeln sich in aufsteigender Richtung geltend machen. Dies ist die Zergliederung für den Fall, wo die Ableitung von asymmetrischen Hautstellen geschieht. Findet

---

*) S. meine Untersuchungen u. s. w. an vielen Stellen.

**) So weit wurde die Abhandlung am 6. Januar vorgetragen.

sie statt von symmetrischen, so fallen die Hautströme fort, und die Ströme der ruhenden Muskeln beider Körperhälften halten einander das Gleichgewicht. Beim willkürlichen Tetanus der Muskeln auf der einen Seite kehrt sich der Strom auf dieser Seite um, und wird stärker in negativer Richtung als er vorher in positiver war. Anstatt also ferner dem Strom der anderen Seite das Gleichgewicht zu halten, fügt er sich ihm hinzu, und es entsteht ein Ausschlag im Sinne des Stromes der nicht tetanisirten Muskeln.

Der Strom beim willkürlichen Tetanus, wenn er der Ausdruck sein soll der negativen Schwankung des Muskelstromes, muss seiner Richtung nach unabhängig sein von der Natur der Zuleitungsflüssigkeit. So ist es in der That. Der Strom wird, wie wir gleichfalls gefunden haben, um so stärker sein müssen, je stärker die Muskeln an und für sich, und je heftiger, anhaltender, und im Fall der Ableitung von symmetrischen Hautstellen, auf die eine Körperhälfte beschränkter, die Zusammenziehung. Der Strom wird, wie wir abermals gefunden haben, um so stärker sein, je besser leitend die Oberhaut, sei's von Natur, sei's durch Erhöhung der Temperatur oder durch Tränkung mit gutleitenden Flüssigkeiten. Vollends durch Entfernung der Oberhaut muss er, wie wir auch noch gefunden haben, beträchtlich an Stärke zunehmen.

Endlich zeigt der willkürliche Tetanus auch, wie er soll, die Nachwirkung auf den Strom. Zwar erscheint sie dabei grösser als beim elektrischen Tetanisiren einiger Froschmuskeln vom Nerven aus. Indessen ist zu erwägen, dass, während die Stärke der Nachwirkung mit der Stärke und Dauer der Zusammenziehung wächst, das Product aus diesen beiden Factoren grösser ausfallen mag, wenn Muskeln im lebenden Körper durch den Willen, als wenn sie, vom übrigen Körper getrennt, vom Nerven aus elektrisch tetanisirt werden. Viel näher mag der ersteren Grösse des Products schon diejenige kommen, die beim Tetanisiren solcher Muskeln unmittelbar durch Wechselströme erreicht werden kann. Und in der That tritt auch unter diesen Umständen, wie ich anderwärts zeigen werde, bereits eine so starke Nachwirkung auf, dass sie der im lebenden menschlichen Kör-

per wohl vergleichbar ist. Ausserdem ist die Möglichkeit da, dass die Nachwirkung an den Muskeln warmblütiger Thiere stärker sei als an denen kaltblütiger.

Ueber den Eigenstrom z. B. der Finger, der Hände, ist schon am Schluss der vorigen Abhandlung die Vermuthung geäussert worden, er möge der Ausdruck sein eines Unterschiedes der Muskelströme beider Arme, der selber bedingt wäre durch ungleiche Ausbildung der parelektronomischen Schicht. Es wurde aber die Zulässigkeit dieser Vermuthung noch abhängig gemacht von einer erst später mittheilbaren Bedingung. Diese Bedingung ist, dass der Eigenstrom der Finger und der Hände stets einerlei Richtung zeige, und sie beruht darauf, dass der Strom beim willkürlichen Tetanus der Arme bei Ableitung von Händen und Fingern einerlei Richtung hat. Ob sie in Wirklichkeit erfüllt sei, weiss ich noch nicht mit Bestimmtheit zu sagen, und die Zulässigkeit jener Vermuthung über den Eigenstrom muss also noch dahingestellt bleiben.

Wie die Sachen stehen, sieht man, dass der Strom beim willkürlichen Tetanus sich ohne allen Zwang betrachten lässt als der Ausdruck der negativen Schwankung des Muskelstromes. Es ist danach im höchsten Grade wahrscheinlich, dass er es in der That sei. Es ist um so wahrscheinlicher, als es wunderbar wäre, wenn die negative Schwankung nicht auf diese Weise, in der einen oder der anderen Richtung und Grösse, am menschlichen Körper sichtbar würde. Es ist endlich um so wahrscheinlicher, als es keine bekannte Wirkung giebt, die gleichzeitig bei der Zusammenziehung stattfindet, der man den Ausschlag der Nadel zuschreiben könnte. Um also zu bezweifeln, dass dieser Ausschlag herrührt von der negativen Schwankung des Muskelstromes, muss man erstens leugnen, dass eine Wirkung erscheine, von der es höchst wahrscheinlich ist, dass sie erscheinen werde. Man muss dies zweitens thun, obschon eine Wirkung auftritt, die mit der zu erwartenden hinreichend übereinstimmt. Man muss drittens eine Hypothese aus der Luft greifen, um diese nun einmal vorhandene, und fortan ganz unerklärliche Wirkung doch nicht der Ursache ermangeln zu lassen.

Ich muss bekennen, dass ich, für mein Theil, mich bei dieser Sachlage beruhigt haben würde. Einige Physiker aber, die in Betreff der Ergebnisse Anderer nicht glauben die Vorsicht weit genug treiben zu können, haben hier noch Schwierigkeiten gesehen, die ich bei dem gerechten Ansehen, in dem mehrere jener Physiker stehen, nicht habe unbeseitigt lassen wollen.

In dem oben beschriebenen Versuch nämlich, in welchem der Strom beim willkürlichen Tetanus eines Armes von beiden Händen oder von zwei Fingern beider Hände abgeleitet wird, hat die Akademie wohl leicht denjenigen wiedererkannt, den ich ihr bereits vor vier Jahren, ehe ich noch die Ehre hatte ihr anzugehören, bei Uebereichung des ersten Bandes meiner Untersuchungen, folgendermassen kurz mittheilte:

„Wenn man beide Hände auf geeignete Weise mit den Enden „des Multiplicators in Verbindung setzt und die Muskeln des einen „Armes anspannt, erfolgt ein Ausschlag der Nadel, welcher einen in „diesem Arm aufsteigenden Strom anzeigt.“*)

Etwas später fügte ich auf Veranlassung des Hrn. v. Humboldt dieser Mittheilung noch einige Erläuterungen hinzu in einem in den Comptes rendus der Pariser Akademie **) abgedruckten Schreiben an Hrn. v. Humboldt. In Folge dieses Schreibens versuchten mehrere Gelehrte meine Angabe zu bestätigen. Leider versäumten sie grossentheils, sich zuvor, wie billig, von meinen Versuchsweisen und früheren Ergebnissen zu unterrichten. Ihre Bestrebungen blieben daher meist erfolglos, und ihre Erörterungen des Gegenstandes ohne Werth.

So z. B. haben manche meine Vorschrift zur Anstellung des Versuches dadurch zu verbessern geglaubt, dass sie die Platinenden des Multiplicators unmittelbar mit den Fingern oder Händen ergriffen, die sie vorher mit Kochsalzlösung befeuchtet hatten. Lässt man unter diesen Umständen die Nadel zur Ruhe kommen, und spannt

*) Jahrgang 1848, 6. October, S. 362.

**) S. daselbst 21. Mai 1849, t. XXVIII, p. 641.*

die Muskeln des einen Armes an, so erhält man allerdings einen Ausschlag, der einen in dem angespannten Arme aufsteigenden Strom anzeigt. Dieser Strom ist aber sehr viel stärker als der beim willkürlichen Tetanus, denn er führt die Nadel des Multiplicators für den Muskelstrom auf 50°; und es ist leicht zu zeigen, wie ich anderwärts ausführen werde, dass er seine Entstehung lediglich dem auf die Elektrode ausgeübten Druck verdankt, und mit den Muskeln nichts zu schaffen hat.

Natürlich konnten solche Täuschungen nicht lange unentdeckt bleiben. Da aber die Wiederholung meines Versuches in der von mir angegebenen Art auch Niemandem gelang, so war der allgemeine Eindruck, den diese Verhandlungen in der wissenschaftlichen Welt hinterliessen, zuletzt doch, dass ich mich, wie schon so Viele vor mir auf diesem Gebiete, habe täuschen lassen durch irgend welche, dem menschlichen Körper völlig fremde elektromotorische Wirkungen.

Diese Meinung musste nun zwar weichen, als ich im Frühjahr 1850 mich mit meinen Instrumenten in Paris aufhielt, und einer Commission der dortigen Akademie Gelegenheit gab, sich von der Richtigkeit meiner Behauptungen zu überzeugen. Während früher zwei der Commissionsmitglieder auf Grund eigener erfolgloser Bemühungen diese Richtigkeit geleugnet hatten*), wurde dieselbe nunmehr in einem von Hrn. Pouillet verfassten Bericht mit lobenswerther Aufrichtigkeit anerkannt**). Vollends jetzt, wo ich, im Frühjahr dieses Jahres, durch die Güte der Herren Bence Jones und Faraday, diese

*) Comptes rendus etc. 28 Mai 1849, t. XXVIII, p. 653 *.

**) Ibidem, 15 Juillet 1850, t. XXXI, p. 28 *. — Dieser Bericht lässt es im Allgemeinen zweifelhaft, ob nicht die thierisch-elektrischen Ströme von äusseren chemischen Wirkungen herrühren, wie er sich im Sinne der chemischen Hypothese über den Ursprung des galvanischen Stromes ausdrückt; ein Urtheil, wodurch, wie man sieht, jede tiefere Bedeutung der Erscheinungen ganz in Frage gestellt würde. Um aber das Gewicht, was diesem Urtheil beizulegen ist, richtig zu würdigen, muss man wissen, dass der Bericht meines deutschen Werkes mit keinem Worte gedenkt. Dies erklärt zugleich einige namhafte thatsächliche Irrthümer, die sich in den Bericht eingeschlichen haben.

Versuche auch in London vielen Gelehrten habe zeigen können, dürfte wohl nur noch Hr. Pacini in Florenz es für „una pura illusione" ausgeben *), dass der menschliche Körper beim willkürlichen Tetanus eine Veränderung seiner elektromotorischen Wirkung erfährt, der sich kein gewöhnlicher Ursprung an der Grenze der Elektroden oder der Haut und der Zuleitungsflüssigkeit zuschreiben lässt.

An der ersteren Grenze kann bei meiner Versuchsweise nur Eine Veränderung vor sich gehen, die elektromotorisch zu wirken vermöchte, das ist Erschütterung durch das unvermeidliche Erzittern des angespannten Gliedmasses. Erschütterung der negativen von zwei geladenen Elektroden bringt aber bekanntlich Verstärkung des ursprünglichen Stromes hervor, in dessen Kreis das Elektrodenpaar eingeschaltet ist. Erschütterung der positiven Elektrode bleibt unwirksam. Dies kann folglich nicht die Ursache des Ausschlages in meinem Versuche sein, dessen Richtung ja wechselt mit dem Arme, der willkürlich tetanisirt wird. Ohnedies habe ich gefunden, dass die Zuleitungsplatten, bei in die Zuleitungsgefässe tauchenden Zeigefingern, noch viel stärker erschüttert werden können, als es je beim willkürlichen Tetanus geschieht, ohne dass die mindeste elektromotorische Wirkung bemerkbar würde; und sogar dann ist dies der Fall, wenn die beiden Zuleitungsgefässe, durch das Schliessungsrohr verbunden, in den Kreis des Multiplicators für den Nervenstrom und einer Säure-Alkalikette eingeschaltet sind, die die Nadel beständig auf etwa 50° hält. Dies heisst so viel als dass, unterhalb einer gewissen Grenze der Polarisationsstärke, die Ladungen fest genug am Platin haften, um nicht mehr durch blosse Erschütterungen gewissermassen losgespült werden zu können.

Eben so leicht kann man zeigen, dass der Strom beim willkürlichen Tetanus nicht herrührt von den kleinen Bewegungen des eingetauchten Körpertheiles, die, trotz der getroffenen Vorkehrungen, gänzlich doch wohl nie zu vermeiden sind, und den einzigen elektro-

*) Sulla Struttura intima dell' Organo elettrico del Gimnoto ec. Firenze 19 Settembre 1852, p. 82, Nota *.

motorisch wirksamen Umstand abgeben, an den hier füglich noch gedacht werden könnte. Wie sollte es kommen, dass die dadurch herbeigeführten Ausschläge stets einerlei Richtung beim Anspannen eines und desselben Armes hätten? Wird überdies der Versuch vorschriftsmässig (S. oben S. 130) angestellt, so dass man die Finger sich erst hat in grösserer Ausdehnung abgleichen lassen, sie dann aber aus der Flüssigkeit herausgezogen hat, so kann man sie darin hin und her, ja innerhalb gewisser Grenzen auf und nieder bewegen so viel man will, es findet nicht die leiseste Nadelbewegung statt.

Von dieser Art von Einwürfen gegen den Versuch also kann die Rede nicht mehr sein. Ebensowenig von dem öfter wiederholten, dass es nicht gelinge, durch den angeblichen Strom beim willkürlichen Tetanus den Froschschenkel zum Zucken zu bringen.

Die Forscher, die sich mit Wiederholung meines Versuches befassten, beobachteten am Multiplicator nämlich meist ein wüstes Gewirr von Ausschlägen. Ihre Instrumente waren zwar viel zu unempfindlich, um den von mir angezeigten Erfolg wahrnehmen zu lassen. Aber ihre Versuchsweisen waren zugleich roh genug, um die Nadel trotzdem zum Spielball einer Menge übermächtiger Nebenwirkungen zu machen, denen sie nicht vorzubeugen gewusst hatten, obwohl sie ihre Natur, als wesentlich erzeugt durch Ungleichartigkeiten der metallischen Multiplicatorenden, nachträglich wohl durchschauten. Um sich dessen zu vergewissern, pflegten sie alsdann ihre Zuflucht zum physiologischen Stromprüfer zu nehmen, der ohne Anwendung von Metallen in den Kreis aufgenommen werden kann, in dem doppelten Wahne, dass er jeden Multiplicator an Empfindlichkeit für galvanische Ströme übertreffe, und dass ich selber nicht auch auf den, mir doch nicht gerade sehr fern liegenden Gedanken gekommen sei, mich dieses Stromprüfers zu bedienen; da ich doch schon lange vor dem Schreiben an Hrn. v. Humboldt, woran sich die ersten Bestrebungen zur Bestätigung meiner Angaben knüpfen, die oben S. 148 beschriebenen Blasenpflasterversuche, leider vergeblich, angestellt hatte.

Sahen nun jene Forscher, wie natürlich, von der Anwendung des stromprüfenden Schenkels keinen Erfolg, so schlossen sie, dass die

am Multiplicator beobachteten Wirkungen lauter Täuschung gewesen seien. Der Schluss war soweit ganz gut. Da nämlich der Froschschenkel ihre Multiplicatoren an Empfindlichkeit wahrscheinlich weit übertraf, auf alle Fälle erreichte, so hätte er dieselben Ströme anzeigen müssen, wären nicht diese einfach entsprungen aus der mangelhaft bewerkstelligten Einführung von Metallen in den Kreis. Wenn jene Forscher nun aber weiter gehen und behaupten, weil sie am Froschschenkel nichts ausgerichtet hätten, müssten auch meine Multiplicatorversuche falsch sein, denn der Multiplicator könne keinen Strom zeigen, wo der Froschschenkel verstumme: so ist dies ein Fehlschluss, insofern ein Strom, z. B. der Nervenstrom, der nur unter den günstigsten Umständen Zuckung hervorruft, die Nadel der nach meinen Angaben gebauten Instrumente noch an die Hemmung führt.

Meine Multiplicatoren sind folglich für galvanische Ströme sehr viel empfindlicher als der Froschschenkel, und dieser völlig incompetent in Fragen, die in's Bereich jener fallen. Nicht zur Controle des Multiplicators, der, mit Einsicht gehandhabt, keiner solchen bedarf, ist der Froschschenkel da, sondern, wie ich schon so oft eingeschärft habe, um die Angaben des Multiplicators zu ergänzen hinsichtlich des zeitlichen Verlaufes der Ströme, und in dieser Eigenschaft, damit er uns wo möglich über die stetige oder unterbrochene Natur des Stromes Aufschluss gebe, war es, dass wir oben S. 148 zu ihm griffen; abgesehen davon, dass er, hätte er sich empfindlich genug erwiesen, einen schätzbaren Ersatz geboten haben würde für den Multiplicator überhaupt, in Fällen sowohl, wo es an hinreichender Empfindlichkeit desselben, als in solchen, wo es an hinreichender Uebung in seiner Handhabung gebricht.

Von dem ernsteren Theile der Gegenpartei sind dies, glaube ich, anerkannte Wahrheiten. In den Augen dieses handelt es sich nicht mehr um das Dasein des Stromes beim willkürlichen Tetanus. Dies ist zugestanden, es handelt sich fortan nur noch um seine Deutung. Was öffentlich in Betreff derselben verlautet hat, ist nur wenig. Aber durch zahlreiche Unterhaltungen und briefliche Mittheilung bin

ich in Stand gesetzt, die Bedenken, die man mir entgegenstellt, etwa folgendermassen zusammenzufassen.

Erstens höre ich die Befürchtung äussern, dass der Strom beim willkürlichen Tetanus, statt von den Muskeln, herrühre von einer irgendwie vermittelten elektromotorischen Veränderung der Haut. Ueber die Natur dieser Veränderung werden verschiedene Muthmassungen gehegt. Die Einen argwöhnen einen thermoëlektrischen Ursprung des Stromes durch die im Gefolge der Zusammenziehung eintretende Temperaturerhöhung. Andere nehmen ihre Zuflucht zu der elektromotorischen Wirkung, welche die Folge sein könnte der durch den Tetanus verursachten Hyperämie der Haut. Endlich noch andere sind mehr geneigt zu glauben an eine vermehrte Absonderung von Schweiss an dem angespannten Gliedmass.

Zweitens bleibt es für Viele, die sich über diese Bedenken eher hinwegsetzen würden, doch stets noch ein Stein des Anstosses, dass die elektromotorische Wirkung beim Tetanus der menschlichen Gliedmassen aufsteigend ist, während sie an den Beinen des Frosches absteigend gefunden wurde.

Ueber die Hypothesen, welche die Ursache des Stromes beim willkürlichen Tetanus in die Haut verlegen, ist zunächst im Allgemeinen zu bemerken, dass sie nicht, wie man glauben könnte, schon von vorn herein sämmtlich widerlegt werden durch den Umstand, dass dieser Strom in den verschiedenen Zuleitungsflüssigkeiten einerlei Richtung zeigt. Denn es sind im Laufe dieser Untersuchungen in der That mehrere elektromotorische Wirkungen bekannt geworden, die entschieden der Haut angehören und die doch auch in den verschiedenen Zuleitungsflüssigkeiten ihre Richtung unverändert beibehalten.

Was nun insbesondere die thermoëlektrische Hypothese betrifft, so hat dieselbe durch die in der vorigen Abhandlung beschriebenen Temperaturströme der Haut des Menschen allerdings eine Grundlage erhalten, die ihr früher völlig abging, und zwar der Art, dass sie beim ersten Blick wirklich scheinen kann etwas für sich zu haben. Zwischen 0° und 30° C. verhält sich die wärmere Hautstelle negativ

gegen die kältere. Der Finger des tetanisirten Armes wird erwärmt; es ist also ganz natürlich, könnte man sagen, dass er sich negativ gegen den Finger des in Ruhe oder kalt gebliebenen verhält.

Allein erstens kann unmöglich das Anspannen der Armmuskeln schon nach weniger als einer Secunde eine Temperaturerhöhung der Haut der Finger, das der Oberschenkelmuskeln eine solche der Haut des Fusses zur Folge haben. Für's zweite ist die Wärmeentwickelung in den Muskeln bei der Zusammenziehung viel zu gering, als dass die Temperaturerhöhung der Haut, wenn sie wirklich stattfände, bereits einen Temperaturstrom von angemessener Stärke erzeugen könnte. Für's dritte passt die Erklärung nicht auf die Gestalt des Versuches, bei welcher man, während sämmtliche Armmuskeln angespannt werden, den Strom des Unterarmes von Finger und Ellbogen ableitet. Denn dabei müsste nach der thermoëlektrischen Theorie der Finger wärmer werden als der Ellbogen, wovon man doch (wenn überhaupt Eins von beiden) vielmehr das Gegentheil vermuthen sollte. Endlich viertens hört auch die Erklärung auf zu passen auf den Versuch, wenn man ihn bei einer Temperatur über 30° C. anstellt. Alsdann müsste der Strom beim willkürlichen Tetanus, wenn er ein Temperaturstrom wäre, seine Richtung umkehren; denn über 30° verhält sich die wärmere Hautstelle positiv, statt negativ, gegen die kältere. Er kehrt sich aber nicht um, sondern nimmt in derselben Richtung an Stärke zu, wegen verminderten Widerstandes der Oberhaut (s. oben S. 145).

Damit ist die thermoëlektrische Hypothese wohl abgethan. Was die Congestionshypothese betrifft, so ist es zwar Thatsache, dass heftige örtliche Zusammenziehung eine Hyperämie des angestrengten Gliedmasses herbeiführt. Dass indess ein solcher Zustand merklich werde, dazu gehört denn doch etwas mehr, als die in meinem Versuch stattfindende Anstrengung. Es fällt schwer zu behaupten, dass Anspannen der Unterschenkelstrecker augenblicklich Hyperämie der Haut des Fusses zur Folge habe, und dass beim Anspannen sämmtlicher Armmuskeln die Haut der Finger stärker als die des Ellbogens mit Blut angefüllt werde. Uebrigens ist es sehr leicht, einen viel

grösseren Unterschied im Congestionszustande beider Hände herbeizuführen, als er, falls wirklich schon einer dadurch bewirkt wird, die Folge sein kann des Anspannens sämmtlicher Muskeln des einen Armes in meinem Versuch. Man braucht dazu bekanntlich nur, während die eine Hand am Körper schlaff herunterhängt, die andere einige Zeit lang über den Kopf erhoben zu halten. Diese wird blutleer und leichenblass, während jene von Blute strotzt und krebsroth erscheint. Ich habe mich überzeugt, dass eine solche Verschiedenheit im Congestionszustand der Hände keine merkliche elektromotorische Wirkung bedingt. Ich habe ferner, während die beiden Zeigefinger in gewohnter Art in die Fingergefässe tauchten, mittelst eines Knebels oder eines eigends zu diesem Zwecke verfertigten Schraubentourniquets das erste Glied des einen Zeigefingers dergestalt zusammengepresst, dass der Finger unterhalb sich heftig röthete und anschwoll und dass die Marke des Bandes noch mehrere Stunden nach Lösung der Schraube sichtbar blieb. Dabei blieb die Nadel in Ruhe, obschon doch sichtlich abermals ein Unterschied in der Blutanfüllung beider Finger herbeigeführt war, der den beim willkürlichen Tetanus möglicherweise entstehenden weit übertraf. Wenn ich aber, bei angezogener Schraube des Tourniquets, die Muskeln des einen Armes anspannte, zeigte sich sofort der Ausschlag wie gewöhnlich, obschon doch sichtlich durch keine oberhalb des Bandes wirkende Ursache der Blutumlauf unterhalb des Bandes eine Veränderung erleiden konnte. Völlig gleichen Erfolg sah ich übrigens auch bei Anlegung einer wirklichen Aderpresse an den Oberarm, wobei die A. radialis zu schlagen aufhörte.

Ich glaube nach diesen Versuchen auch die Congestionshypothese für beseitigt halten zu dürfen. Die Meinung, der Strom beim willkürlichen Tetanus rühre her von einem plötzlichen Schweissausbruch an dem angespannten Gliedmass, hat zum Urheber Hrn. Becquerel d. V. Um diese Meinung zu erhärten, forderte Hr. Becquerel mich auf, während ich beide Zeigefinger zum Eintauchen in die Zuleitungsgefässe bereit hielt, den einen Arm anzuspannen, ihn einige Zeit lang angespannt zu halten, und kurze Zeit nach dem Abspannen

die Zeigefinger einzutauchen. Es entstand ein schwacher Ausschlag in derselben Richtung, als ob bei eingetauchten Fingern derselbe Arm angespannt worden wäre; ein Erfolg, worin Hr. Becquerel ein Experimentum crucis, wenn auch nicht für seine Ansicht, doch wider die meinige, gefunden zu haben wähnte.

Wie man leicht bemerkt, war indess der von Hrn. Becquerel vorgeschlagene Versuch nichts anderes, als eine fehlerhafte Form des oben S. 139 beschriebenen Versuches, dessen Ergebniss als einerlei zu betrachten ist mit der von den Froschmuskeln her bekannten Nachwirkung des Tetanus auf den Strom. Fehlerhaft nenne ich die Becquerel'sche Versuchsweise, weil dabei Täuschungen eintreten können durch Ungleichartigkeiten der Haut oder der Zuleitungsplatten, die sich entwickeln, während die Finger an der Luft befindlich die Platten nicht zum Kreise geschlossen sind. Weder aber hat Hr. Becquerel dies jemals einsehen wollen, noch hat die Commission meiner Erklärung des Becquerel'schen Versuches jemals Gehör geschenkt. Sondern dieser Versuch findet sich, ohne weitere Erläuterung, in einer Anmerkung zum Bericht angeführt *), als von Hrn. Becquerel angegeben, während doch in einer der Abhandlungen, die dem Berichte zu Grunde liegen, die Nachwirkung des Tetanus auf den Muskelstrom ausdrücklich beschrieben steht (s. oben S. 139 Anm.). Von Hrn. Becquerel's Schweisshypothese über den Ursprung des Stromes beim willkürlichen Tetanus ist übrigens im Bericht nicht weiter die Rede. Ich will es mich indess nicht verdriessen lassen, hier auch noch deren Unhaltbarkeit darzuthun.

Zuerst mag zugestanden werden, dass, da eine grössere Bethätigung der Schweissdrüsen wohl lediglich Sache der Nerven ist, deren Wirkungen durch das Tourniquetband in dem obigen Versuch nicht gehemmt waren, sich aus diesem Versuch allerdings noch nichts gegen die Schweisshypothese entnehmen lässt. Allein erstens wird gar kein solcher Schweissausbruch bemerkbar, wie er nach Hrn. Becquerel den willkürlichen Tetanus begleiten soll. Zweitens ist es

) Comptes rendus etc. 15 Juillet 1850, t. XXXI, p. 38.

auch höchst unwahrscheinlich, dass ein solcher in unmerklichem Grade dabei stattfinde. Keine Erfahrung spricht für ein solches örtliches Schwitzen am gesunden Körper nach örtlicher Anstrengung, und während bekanntlich schwächliche Menschen bei Anstrengungen leichter in Schweiss gerathen als kräftige, hält hier die elektromotorische Wirkung vielmehr gleichen Schritt mit der mechanischen Leistungsfähigkeit der Muskeln. Vollends ist es undenkbar, dass beim Anspannen der Unterschenkelstrecker sofort der Fuss, bei dem der Armmuskeln mit unabänderlicher Regelmässigkeit sofort die Finger stärker als der Ellbogen, sollten zu schwitzen beginnen. Dazu kommt noch, dass dieses Schwitzen in Zuleitungsflüssigkeit von 0^0 ebensogut von statten gehen müsste, als in solcher von mittlerer oder von höherer Temperatur. Auch der Erfolg des Blasenpflasterversuches lässt sich mit der Becquerel'schen Ansicht in Widerspruch setzen. Sollten nicht die Schweissdrüsen der Wundfläche in ihrer Verrichtung gestört sein durch die Misshandlung mit Cantharidin? Sollte nicht im anderen Falle ihr Secret wenigstens ganz verschwinden gegen das der Wundfläche? Sollten nicht im unverletzten Zustande die Räume zwischen den Drüsen vielmehr als die Bahn eines Zweigstromes zu betrachten sein, denn als auf der Bahn des Hauptstromes gelegen? Und müsste dann nicht, wenn der Widerstand der Oberhaut entfernt wird, der Strom, statt an Stärke zuzunehmen, vielmehr daran abnehmen? Endlich und vor Allem stimmt mit der Schweisshypothese nicht das Ergebniss der ganz unmittelbaren Prüfung, die Eingangs dieser Abhandlung angestellt wurde. Die stärker schwitzende Hautstelle verhält sich nicht negativ, sondern positiv, gegen die nicht oder minder stark schwitzende. Der Strom beim willkürlichen Tetanus müsste folglich, damit Hrn. Becquerel's Hypothese zulässig sei, die entgegengesetzte Richtung von der haben, die er in Wirklichkeit besitzt.

Man sieht also, dass keine der drei Vermuthungen über den Ursprung des Stromes beim willkürlichen Tetanus aus einer elektromotorischen Veränderung der Haut irgend stichhaltig ist. Mit diesen drei Vermuthungen aber ist meines Wissens der Kreis derjenigen

abgeschlossen, die hier insofern noch mit einem Schein von Berechtigung gemacht werden konnten, als der durch sie vorausgesetzten Ursache des Stromes unter anderen Umständen doch in der That Wirklichkeit und zum Theil auch Wirksamkeit zukommt. Ich kann nicht absehen, welche erdenkliche Veränderung der Haut bei der Zusammenziehung jetzt hier noch vorgeschützt werden wird, ehe man sich entschliesst, den Ursprung des Stromes in den Muskeln zuzugeben. Aber das vermag ich, dieser Veränderung der Haut wenigstens gewisse Bedingungen vorzuschreiben, die sie zu erfüllen hat, ehe überhaupt von ihr als der möglichen Ursache des Stromes beim willkürlichen Tetanus die Rede sein kann.

Die Veränderung der Haut bei der Zusammenziehung muss erstens bei allen Menschen mit nie fehlender Regelmässigkeit, und der mechanischen Leistungsfähigkeit der Muskeln proportional, auftreten. Sie muss die Zusammenziehung mit allmälig abnehmender Kraft etwas überdauern. Sie muss nachweisbar in allen Zuleitungsflüssigkeiten die Haut negativer machen, während sämmtliche bisher bekannt gewordene elektromotorische Veränderungen der Haut sie vielmehr positiver machen. Sie muss der Lederhaut selber angehören, so dass die Oberhaut als Widerstand auf der Bahn des durch die Veränderung erzeugten Stromes liegt. Sie muss allein durch die Nerven vermittelt werden, und die Anspannung der Muskeln eines Gliedmasses in solcher Ausdehnung und Schnelligkeit begleiten, dass sie z. B. in der Haut des Fusses augenblicklich hervorgerufen wird durch die blosse Zusammenziehung der Unterschenkelsstrecker.

Im Allgemeinen endlich müssen die sonst ungleichartigsten Hautstellen dieser hypothetischen Veränderung in der nämlichen Weise unterliegen. Denn man erhält den Strom beim willkürlichen Tetanus z. B. ebensowohl bei Ableitung von den beiden Handsohlen, als von den beiden Handrücken, auf die man die Ableitung dadurch beschränkt, dass man die Handsohlen mit Collodium überzieht. Die Haut der Finger jedoch muss beim Anspannen sämmtlicher Armmuskeln die Veränderung stärker erfahren als die des Ellbogens, damit der aufsteigende Strom im Unterarm zu Stande komme. Doch ist

diese Bestimmung nicht etwa dahin zu verallgemeinern, dass die Hautstellen die Veränderung um so stärker erfahren, je negativer sie bereits sind. Denn dann müsste, wenn man in das eine Handgefäss den Handrücken, in das andere die Handsohle getaucht hält, beim gleichzeitigen Anspannen beider Arme der Strom stets aufsteigend in dem Arm der letzteren Seite sein. Er ist aber eben so oft aufsteigend als absteigend, gerade als ob beide Hände auf die gewöhnliche Art eingetaucht wären. So müsste auch bei Ableitung des Stromes von Hand und Fuss die Richtigkeit des Ausschlages beim gleichzeitigen Anspannen von Arm und Bein durch die, wie man sich erinnert, nicht ganz beständige Richtung des Hautstromes bestimmt werden, was nicht der Fall ist. (S. oben Seite 133, vgl. Bd. II, S. 269.)

Ich glaube, dass man sich vergeblich bemühen wird, eine elektromotorische Veränderung zu ersinnen, welche diesen Bedingungen genügt. Einstweilen dürfte es daher am gerathensten sein, den Ursprung des Stromes mit mir, statt in der Haut, einfach in den Muskeln zu suchen, womit, wie man schon weiss, alle Schwierigkeiten hier ein Ende haben.

Ohne sich der Sachlage gerade so deutlich bewusst zu sein, haben sich denn auch Viele von vorn herein zu dieser Meinung geneigt erklärt. Allein sie können, wie bereits erwähnt wurde, nicht hinaus über den angeblichen Widerspruch in meinen Angaben, den Hr. Cima in Cagliari sich schmeichelt aufgedeckt zu haben, dass ich nämlich den Strom bei der Zusammenziehung in den Beinen des Frosches ab-, in den Armen des Menschen aufsteigend sein lasse.

Bei Hrn. Cima, und einigen Anderen, liegt dies daran, dass sie keinen Begriff von der Art und Weise haben, wie der Muskelstrom zu Stande kommt. Bei Hrn. Pouillet, als Berichterstatter der Pariser Commission, ist dies nicht der Grund. Er hat sehr wohl aufgefasst, dass die Richtung des Stromes an den Gliedmassen etwas ganz Unwesentliches ist, bedingt durch den Bau der einzelnen Muskeln, ihre Lage u. s. w. Nichtsdestoweniger lässt er sich nicht einmal ein auf die allerdings missliche Erörterung der Becquerel'schen Schweisshypothese, sondern umgeht dieselbe durch die Behauptung, dass, ehe

an irgend einen Zusammenhang zu denken sei, zwischen der negativen Schwankung des Muskelstroms beim elektrischen Tetanisiren der Froschmuskeln und dem Strom beim willkürlichen Tetanus der menschlichen Gliedmassen, die absteigende Richtung des Stromes der ruhenden Muskeln in den Armen des Menschen abgeleitet werden müsse aus dem Bau und der Lage der Muskeln im Verein mit dem Gesetze des Muskelstromes.

Die Ableitung, die Hr. Pouillet verlangt, ist unmöglich. Indessen würde sich Hr. Pouillet an ihrer Stelle wohl auch begnügen mit dem thatsächlichen Nachweise, dass z. B. die Arme des Menschen bei ruhenden Muskeln den absteigenden Strom haben. Leider haben wir es wegen der Hautströme gleichfalls unmöglich gefunden, den Strom der ruhenden Muskeln am lebenden unversehrten Körper zu beobachten. Für nicht viel thunlicher halte ich es, diese Richtung an den Gliedmassen etwa eines Hingerichteten oder bei Gelegenheit einer Amputation durch den Versuch zu bestimmen. Es stünde also schlimm um die Bedeutung des Stromes beim willkürlichen Tetanus, wenn die Ansicht der Commission sich rechtfertigen liesse. Ich glaube jedoch nicht, dass dies der Fall ist. Auch wenn an keinem Gliedmass irgend eines anderen Thieres ein absteigender Strom bei ruhenden, ein aufsteigender Ausschlag bei tetanisirten Muskeln beobachtet wäre; wofern nur, wie es in der That geschehen ist, die Art und Weise erkannt wäre, wie der Strom eines ganzen Gliedmasses zu Stande kommt; wofern man eben wüsste, dass die Richtung, in der der Strom an dem Gliedmass auftritt, etwas ganz Unwesentliches, Zufälliges, von geringfügigen Umständen Abhängiges ist: so würde dies, wie mir scheint, hinreichen, um die Frage in meinem Sinne zu entscheiden.

Man versetze sich auf den Standpunkt, auf dem ich mich bei meinen ersten Untersuchungen am Frosch wirklich einst befand. Es handle sich nicht mehr um die Ströme ganzer Gliedmassen, sondern um die einzelner Muskeln zwischen ihren sehnigen Enden. Man habe es bisher nur zu thun gehabt mit Muskeln, die, so geprüft, aufsteigenden Strom geben. Auf anderem Wege sei es festgestellt, dass dieser auf-

steigende Strom einerlei sei mit dem Strom von Längs- zu Querschnitt. Streng ableiten lasse sich dies jedoch nicht. Man könne eben nur einsichtlich machen, dass, aus dem Muskelstrom von Längs- zu Querschnitt, ein auf- oder absteigender Strom leicht entstehen könne. Jetzt stosse man, bei Musterung der Muskeln in diesem Bezuge, auf den ersten Muskel mit absteigendem Strom. Wird man zögern, diesen Strom mit mir für einerlei anzusehen mit dem Strom von Längs- zu Querschnitt, mit dem aufsteigenden Strom der übrigen Muskeln? Und worin unterscheidet sich dieser Fall wesentlich von dem, um den es sich hier handelt?

Es versteht sich von selbst, dass diese Auffassung der Thatsachen begünstigt erscheinen wird, wenn es gelingt, noch andere Muskeln zu entdecken, die gleichfalls absteigend wirksam sind. Denn es wird alsdann vollends keinen Grund mehr geben, sich die aufsteigende Strömungsrichtung als die eigentlich gehörige, die absteigende als eine Abweichung von der Regel vorzustellen. So fügte es sich bei der Erforschung der einzelnen Froschmuskeln. Und dieselbe vortheilhafte Wendung steht uns, was Hrn. Pouillet wohl entgangen war, auch hier offen.

In der That habe ich bereits in meiner ersten Arbeit*), später in dem ersten Bande meiner Untersuchungen**), von absteigend gerichteten Muskelströmen an ganzen Gliedmassen hinreichende Beispiele angeführt, die ich, wäre es mir der Mühe werth erschienen, mit Leichtigkeit vervielfältigt hätte. Jetzt bin ich sogar noch weiter gegangen, und habe an dem Unterschenkel des Kaninchens nicht bloss den absteigenden Strom während der Ruhe nachgewiesen, sondern auch den aufsteigenden während des Tetanus, und zwar den letzteren sowohl am freizugerichteten Unterschenkel des erschlagenen Thieres, als auch, gerade wie am Menschen, am lebenden äusserlich unversehrten Thier.

---

*) Poggendorff's Annalen u. s. w. Januar 1848. Bd. LVIII. S. 2.

**) S. 470, 471.

Der Unterschenkel des Kaninchens lässt sich leicht so präpariren, dass sich nirgends daran ein Ueberrest zerschnittener Muskeln befindet, der elektromotorisch wirken könnte. Die Zurichtung muss natürlich möglichst schnell geschehen, so dass die Muskeln noch warm und zuckend in den Multiplicatorkreis kommen. Bringt man am Kniegelenk die Condylen des Oberschenkelbeins, dessen unteres Ende man natürlich erhalten muss, am Fussgelenk die Gelenkfläche der Tibia mit den Bäuschen in Berührung, so erhält man am Multiplicator für den Muskelstrom einen Ausschlag von 15—30° in absteigender Richtung. Hat man den Unterschenkel zuvor durch Kochsalzlösung gezogen, welche die parelektronomische Schicht an den verschiedenen zu Tage liegenden natürlichen Querschnitten zerstört hat, so wird die Nadel in demselben Sinne an die Hemmung geworfen. Ebenso wirkt beiläufig die Muskelmasse des Soleus, Plantaris und der Gastroknemii allein zwischen ihren sehnigen Enden aufgelegt.

Muskeln warmblütiger Thiere vom Nerven aus elektrisch zu tetanisiren, gelingt nicht. Unmittelbare chemische oder kaustische Erregung der Muskeln hat neben anderen noch den überwiegenden Nachtheil, dass die elektromotorische Kraft der parelektronomischen Schicht an irgend einer Stelle fast unvermeidlich darunter leidet, wodurch jede sichere Beobachtung vereitelt wird. Es blieb mir also nichts übrig, als zu versuchen, die im Kreise befindlichen Muskeln unmittelbar elektrisch zu tetanisiren. Auf den ersten Blick scheint dies unmöglich, ohne dass der tetanisirende Strom in den Multiplicatorkreis einbreche und die grössten Störungen anrichte. Bei Anwendung von Wechselströmen indess, deren Stärke man mit Hülfe meines Schlitten-Magnetelektromotors zweckmässig abstuft, glückt es sehr leicht, die Muskeln in starken Tetanus zu versetzen, ohne dass eine merkliche Wirkung seitens der tetanisirenden Ströme unmittelbar auf die Nadel ausgeübt werde.

Ich pflege den Versuch so einzurichten, dass ich die Muskeln auf Kork lege und ihnen die Wechselströme mittelst zweier Nadeln zuführe, die ich zu beiden Seiten der Muskelmasse in den Kork einstosse, so dass sie von ihrer Länge etwa das mittlere Drittel zwi-

schen sich fassen. Der Erfolg beim Tetanisiren eines Kaninchenunterschenkels ist ein Ausschlag von 10—15° in aufsteigender Richtung. Er rührt nicht von dem unmittelbaren Einfluss der tetanisirenden Ströme auf die Nadel her, denn wenn die Muskeln abgestorben waren, was nur zu schnell geschah, blieb er aus.

Denselben Versuch habe ich übrigens auch noch mit künstlichem Querschnitt angestellt, um dem Einwande zu begegnen, den zu vernehmen ich mich nicht sehr gewundert haben würde, dass ja bei warmblütigen Thieren der Muskelstrom bei der Zusammenziehung statt einer negativen, vielleicht eine positive Schwankung erfahre. Stets fand, im Augenblick des Tetanus, eine negative Schwankung des Stromes statt, die gänzlich aufhörte, nachdem die Leistungsfähigkeit der Muskeln erschöpft war.

Um die aufsteigende elektromotorische Wirkung beim Tetanisiren des Unterschenkels des Kaninchens am lebenden unversehrten Thiere nachzuweisen, verfuhr ich folgendermassen. Das Kaninchen wurde dergestalt festgebunden, dass es beim Ausbruch des heftigsten Tetanus, mit Ausnahme einer nicht weiter störenden Bewegung des Kopfes, scheinbar regungslos verharren musste, und dass man zugleich mit Bequemlichkeit seine beiden Füsse in die beiden Fingergefässe tauchen konnte. Stets entstand, wenn die dichte Behaarung der Zehen von der Lösung durchdrungen war, an dem Multiplicator für den Nervenstrom ein mehr oder minder starker Ausschlag, bald in dem einen, bald in dem anderen Sinne, der ohne Zweifel demjenigen zu vergleichen ist, der auch beim Menschen stets das erste Schliessen symmetrischer Hautstellen zum Kreise begleitet. Bald darauf stellt sich die Nadel in hinreichender Nähe des Nullpunktes beständig ein. Es handelt sich also nur noch darum, Tetanus des einen Unterschenkels zu bewirken. Dies ist jedoch nicht gut möglich. Dagegen ist leicht zu machen, dass, während sämmtliche übrige Beinmuskeln zucken, Unterschenkel und Fuss der einen Seite erschlafft bleiben. Dazu braucht man nur den N. tibialis und peronaeus in der Kniekehle zu zerschneiden *), und dann das Thier mit Strychnin zu vergiften.

*) Es kann sonderbar scheinen, dass ich oben im Text diesen Versuch als einen am unversehrten Thiere bezeichnet habe, obschon dem Kaninchen der N.

Sobald alsdann die Zusammenziehung der übrigen Muskeln gleichmässig geschieht, muss die elektromotorische Wirkung die nämliche sein, als ob allein der Unterschenkel und Fuss der anderen Seite tetanisirt würden.

Der Erfolg war, wie sich erwarten liess, im Augenblick, wo der Tetanus ausbrach, ein Ausschlag im aufsteigenden Sinne der gesunden, im absteigenden der gelähmten Seite, also, wie am Menschen, der umgekehrte von dem am Frosch.

Durch diese Versuche muss, wie mir scheint, der angebliche Widerspruch in meinen Angaben über die Richtung des Stromes bei der Zusammenziehung zunächst in den Augen Derjenigen gehoben sein, die nicht einzusehen vermögen, dass dieser Widerspruch nur ein Missverständniss ihrerseits war, und nie anderswo geherrscht hat als in ihrer Einbildung. Nichts zwingt sie ja, sich das Froschbein als das Vorbild zu denken, dem sich der Erfolg an den menschlichen Gliedmassen anzuschliessen habe, um in der Ordnung zu erscheinen. Nichts verhindert sie, in dem Unterschenkel des Kaninchens, eines dem Menschen so sehr viel näher stehenden Thieres, dieses Vorbild zu erblicken, und die Erscheinungsweise am Menschen als regelmässig, die am Frosch aber als unbegreifliche Abweichung zu betrachten.

Aber auch Denjenigen dürfte es, wenn sie billig sein wollen, nunmehr leicht sein Genüge zu thun, die, wie der Berichterstatter der Pariser Commission, zwar die Möglichkeit der absteigenden Strömungsrichtung bei ruhenden Muskeln an den menschlichen Armen zugeben, aber, ehe sie in der aufsteigenden Wirkung beim Tetanus die negative Schwankung dieses absteigenden Stromes erkennen, zuvor ihn selbst entweder theoretisch abgeleitet oder experimentell dargestellt haben wollen.

Diese würde ich zuerst auffordern, einmal völlig von den Versuchen an den Armen des Menschen und den Gesammtbeinen des

---

ischiadicus in der Kniekehle zerschnitten ist. Dies rechtfertigt sich indess dadurch, dass die Verletzung gar nichts zu schaffen hat mit der nachmals beobachteten elektromotorischen Wirkung. In der That würde diese Wirkung auch bei wirklich unversehrtem Leibe in ganz gleicher Art stattfinden, wenn man ein Mittel besässe, den einen Unterschenkel auch ohne eine solche Verletzung zu lähmen, oder den anderen für sich allein in Tetanus zu versetzen.

Frosches abzusehen. An der Stelle wollen wir unter sich vergleichen das Ergebniss der Versuche am Unterschenkel des Kaninchens, des Menschen und des Frosches. Der Unterschenkel des Kaninchens giebt in der Ruhe den absteigenden Strom, im Tetanus findet eine aufsteigende Wirkung statt. Das entgegengesetzte ist der Fall am Unterschenkel des Frosches. Am menschlichen Unterschenkel ist der Strom der ruhenden Muskeln der Beobachtung entzogen, im Tetanus erscheint eine aufsteigende Wirkung wie am Kaninchenunterschenkel.

Nun ist es aber nicht schwer, einen anatomischen Unterschied in dem Bau des Kaninchen- und des Menschenunterschenkels einerseits, andererseits des Froschunterschenkels zu entdecken, der grosses Licht wirft auf die verschiedene elektromotorische Wirkungskreise beider Theile. Der sogenannte Gastroknemius des Frosches entbehrt nämlich an seinem oberen Ende durchaus eines freien natürlichen Querschnittes. Dieser Querschnitt ist im Inneren des Muskels selbst vergraben, und der ruhende Muskel, abgesehen von der parelektronomischen Schicht, kann daher nie absteigend wirken, sondern muss, wenn überhaupt einen, den aufsteigenden Strom besitzen. Hingegen die dem Gastroknemius des Frosches entsprechende Muskelmasse des Soleus, Plantaris und der Gastroknemii am Kaninchen und dem Menschen besitzt an ihrem oberen Ende einen freien natürlichen Querschnitt, die beiden oberen Sehnenspiegel nämlich der Gastroknemii. Es ist also wenigstens so viel deutlich gemacht, dass, im gemeinsamen Gegensatz zum Froschunterschenkel, der des Kaninchens und des Menschen in der Ruhe ab-, im Tetanus aufsteigend wirken können, wenn auch der Beweis nicht zu führen ist, dass sie es müssen.

Ich glaube, dass sich hienach schwerlich noch Jemand finden wird, dem die aufsteigende Richtung der Wirkung im Unterschenkel des Menschen als ein Hinderniss erschiene, diese Wirkung anzusehen als den Ausdruck der negativen Schwankung des absteigenden Stromes der ruhenden Muskeln. Demnach soll es aber einem jeden freistehen, von der aufsteigenden Wirkung beim willkürlichen Tetanus der menschlichen Arme zu halten was er will. Nur glaube ich abermals, dass die Mehrzahl mit mir es in jeder Beziehung richtiger wird gedacht

finden, wenn man diese Wirkung als gleichfalls von den Muskeln ausgehend betrachtet, als wenn man sie jener aus der Luft gegriffenen Hautveränderung zuschreibt, deren widersinnige Züge ich oben entwarf, wie sie im Geleite der Zusammenziehung auftreten müsste, um sich hier zur Erklärung der Erscheinungen zu eignen.

Somit betrachte ich diese Angelegenheit als abgethan. Ich darf hoffen, dass es mir gelungen sein wird, die Bedenken Derjenigen hinwegzuräumen, für die es sich hier wirklich um die Wahrheit gehandelt hat. Das Recht, diese Versuchsreihe nunmehr auf sich beruhen zu lassen, fühle ich um so entschiedener, als ich selber ihr niemals eine solche Wichtigkeit beigelegt habe, wie ein grosser Theil der wissenschaftlichen Welt es gthan hat.

Ich habe in dem in Rede stehenden Versuch nie etwas anderes gesehen, und sehe auch zur Stunde darin noch nichts anderes, als einen immerhin pikanten Folgesatz des Grundversuches, den ich vor zehn Jahren beschrieb, der negativen Schwankung nämlich des Stromes eines auf elektrischem Wege tetanisirten Froschmuskels. Wäre der Versuch am Frosch gehörig bekannt, verstanden und gewürdigt worden, der am Menschen hätte schwerlich das Aufsehen, aber auch schwerlich den Widerspruch erweckt, wie es jetzt der Fall gewesen ist.

Von meinem Standpunkt aus hat der so viel besprochene Versuch vor jenem unbeachtet gebliebenen ebensowenig voraus, als, nach Joh. Müller's treffender Bemerkung*), Ure's galvanische Versuche an Hingerichteten vor dem gewöhnlichsten Froschschenkelversuch. Sein wissenschaftlicher Werth ist daher in meinen Augen verhältnissmässig sehr gering. Er beweist nur die Wirklichkeit von etwas, was sich ohnehin von selbst versteht. Die Art, wie der Strom darin zu Stande kommt, ist viel zu verwickelt, als dass er als Grundversuch dieser Klasse von Erscheinungen gelten, oder zur weiteren Fortbildung unserer Kenntniss derselben dienen könnte: Dass die Zusammenziehung darin willkürlich geschieht, kann nur denen ein Vorzug

) Handbuch der Physiologie, Bd. I, 3. Aufl. 1838, S. 642.

scheinen, die, mit der Physik der Nerven minder vertraut, nicht bedenken, dass ein willkürlich oder auf irgend eine andere Art tetanisirter Nerv sich in einem beliebigen Punkte unterhalb der Stelle, wo die Erregung geschah, in nichts von einander unterscheiden.

Wenn ich nichtsdestoweniger geglaubt habe, die Akademie von diesem Versuch so ausführlich unterhalten zu müssen, so ist der Grund davon der, dass ich mich für verpflichtet hielt, die erste Mittheilung, mit der ich einst vor sie zu treten wagte, bis zur letzten Spur zu reinigen von dem Verdacht der Unzuverlässigkeit, der dawider laut geworden war.

Fig. 1.

Fig. 2.

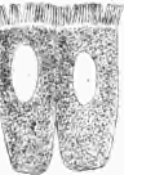


Fig. 3.

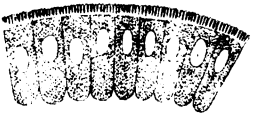


Fig. 4.

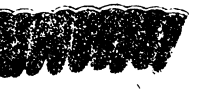


Fig. 5.

Fig. 6.

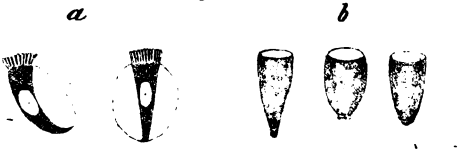


Fig. 7.

III.

Untersuchungen über das Cylinderepithelium der Darmzotten und seine Beziehung zur Fettresorption.

Angestellt im physiologischen Institute der Wiener Universität.

Von

J. Brettauer und **S. Steinach.**

(Mit einer Tafel.)

Aus den Sitzungsberichten der kaiserlich österreichischen Akademie der Wissenschaften mitgetheilt von den Verfassern.

An der breiten, der Darmhöhle zugekehrten Seite der Cylinderzellen des Dünndarms befindet sich ein durchscheinender Saum, dessen Henle*) bereits in seiner allgemeinen Anatomie erwähnt und welchen er für einen verdickten Theil der Zellmembran hielt; auch Gruby und Delafond **) erwähnen dieses Saumes unter dem Namen des *bourrelet transparent,* worunter sie wohl nichts Anderes verstanden haben können. Kölliker***) beschrieb in seiner mikroskopischen Anatomie den vorderen Umriss dieses Saumes als die durch Diffusion abgehobene Zellmembran, indem er glaubte, dass Flüssigkeit den Raum zwischen ihr und dem Zelleninhalte anfülle, während

*) Henle, Allgem. Anatomie, p. 239.

**) Gruby und Delafond, Comptes rendus de l'Acad. 1843.

***) Kölliker, Mikrosk. Anatomie, II, 2. Hälfte, p. 166.

Donders*)-die Ansicht vertheidigte, dass der Saum ein verdickter Theil der Zellmembran sei. Brücke**) zeigte, dass dem Durchgange von Fetttröpfchen durch eine solche homogene Zellmembran wesentliche physikalische Schwierigkeiten entgegenstehen, und schloss demnach, dass die Zelle vorn nicht durch eine Membran geschlossen, sondern in ihrer ganzen Breite offen sei, und hielt daher den Saum für eine aufgequollene Schleimmasse, welche den Eingang in die Zelle verlege. Vor kurzer Zeit beschrieben Funke***) und Kölliker†) unabhängig von einander Streifen an dem Saume, welche parallel mit der Axe der Cylinderzellen gestellt waren. Funke enthielt sich vorläufig einer bestimmten Deutung dieser Erscheinung, während Kölliker die Streifen für den optischen Ausdruck von Poren hielt, indem er sich nunmehr der Ansicht anschloss, dass der Saum ein verdickter Theil der Zellmembran sei, der von eben diesen Poren durchbohrt würde, so dass hierdurch den Fetttröpfchen zahlreiche Wege in das Innere der Zellen eröffnet seien — eine Ansicht, welcher Donders ††) in neuester Zeit beigetreten ist, während Moleschott †††) die Ansicht Brücke's vertheidigt, dass die Zellen vorn nicht durch eine Membran geschlossen seien. — Wir haben uns mit der Untersuchung dieses Saumes und seiner Streifen beschäftigt und können mit Sicherheit angeben, dass die Streifen nicht der optische Ausdruck von Poren sind und dass der ganze Saum mit dem Zelleninhalte in einem innigeren Zusammenhang steht, als mit der Zellmembran.

---

*) Donders, Nederl. Lancet, 3. Serie, II, p. 548.

**) Denkschriften d. k. Akademie, VI. Bd., p. 101 ff.

***) Funke, Siebold u. Kölliker's Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. VII. Bd., 1855, p. 322.

†) Kölliker, Verhandlungen der Würzburger Gesellschaft. VI. und VII. Bd.

††) Donders, Nederl. Lancet., auch in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre etc. II. Bd., p. 102.

†††) Moleschott und Marfels, Wiener medic. Wochenschrift 1854, Nr. 52 und dessen Untersuchungen, Bd. II, p. 119.

Wir haben mit der Untersuchung des Kaninchens begonnen. Wir tödteten das Thier durch einen Schlag auf den Kopf, eröffneten rasch die Bauchhöhle und strichen über die Schleimhaut des in lebhafter peristaltischer Bewegung begriffenen Darmes ganz leicht mit einer Staarnadel hin. Die so gewonnene Masse breiteten wir ohne Anwendung irgend eines fremdartigen Menstruums auf dem Objectträger aus, bedeckten sie mit einem leichten Deckglase, Zerrung und Quetschung möglichst vermeidend. Wir haben alle unsere Präparate auf diese Weise angefertigt und nur, wo es ausdrücklich angegeben ist, ein Reagens angewendet. Trotz vieler hart neben und über einander liegender Zotten und Zellen finden sich doch immer frei liegende Zotten mit dem aufsitzenden Epithel, welche für die Beobachtung ganz geeignet sind. In den Zotten und Zellen fanden wir kein Fett, die Zellen hatten einen hellen Saum in einer Breite von 0.0025—0.0030 Mm., derselbe war durchgehends deutlich gestreift; an einzelnen Stellen waren die Streifen an der dem Darmkanal zugewendeten Seite breiter und verliefen schmäler werdend gegen den Zelleninhalt hin, so dass der Saum öfters aus einzelnen, sehr schmalen, dicht neben einander stehenden Stückchen zusammengesetzt erschien.

Wir untersuchten hierauf ein Meerschweinchen, in dessen Zotten und Zellen sich ebenfalls keine Fetttröpfchen vorfanden, sondern bloss jener matte, grauliche Inhalt. An dem hellen Saume der Cylinderzellen, welche alle den Zotten aufsitzen, lässt sich leichter als beim Kaninchen das jeder einzelnen Zelle zugehörige Stück erkennen, auch war er breiter als der des Kaninchens, bis 0.0035 Mm. und überall seiner ganzen Breite nach deutlich gestreift. Das ganze Bild zeigte aber nicht den Charakter von feinen Kanälen oder Poren, sondern der Saum erwies sich als aus einzelnen sehr deutlich unterscheidbaren Stäbchen bestehend. Die Streifen waren nur der Ausdruck der Begrenzung zweier neben einander liegender Stückchen, die an vielen Stellen, besonders am freien Ende scharf contourirt waren, mehr eckig als abgerundet. An einigen Zellen, die mit anderen noch im Zusammenhange standen, waren die Stäbchen des

Saumes bürstenartig aus einander getreten, und liessen die eckigen Contouren noch deutlicher erkennen (vgl. Fig. 3). Dieses eben beschriebene Bild erhielten wir bei der Untersuchung ganz frischer Darmstücke, und es sind dadurch die Bedenken gehoben, als ob wir eine etwaige Leichenerscheinung oder ein Kunstprodukt vor Augen gehabt hätten, welches durch den Zusatz irgend einer fremdartigen Flüssigkeit hervorgebracht worden wäre. Die Körnchen reichten nicht ganz bis an den Saum, sondern es zeigte sich zwischen letzterem und den Körnchen ein heller schmaler Streifen. Die Ansicht von oben liess die Zellen in ihrer ganzen Ausdehnung wärzchenförmig erscheinen*), so dass die einzelnen Wärzchen an Dicke dem Durchschnitt der Stäbchen entsprechen. Die Untersuchung mit einer fünfprocentigen Lösung von phosphorsaurem Natron zeigte die Zellen etwas aufgequollen, den Saum etwas breiter; ebenso an Darmpartien, die circa 20 Stunden in einer solchen Salzlösung gelegen hatten, und an einem kühlen Orte aufbewahrt waren.

Nachdem mehrere derartige Untersuchungen uns das oben beschriebene Bild beinahe immer bestätigten (die Erklärung der Ausnahmsfälle liegt in der weiteren Untersuchung) und hiermit nachgewiesen war, dass die Streifen schon im lebenden Thiere vorhanden, zugleich aber auch nur der Ausdruck der Zusammensetzung des Saumes aus einzelnen Stückchen sind: stellten wir uns die Frage, wie sich wohl der Saum und die ihn zusammensetzenden Stäbchen im nüchternen und wie im resorbirenden Thiere verhalten würde. Wir wählten zur Lösung dieser Frage hauptsächlich Meerschweinchen, weil sich der Saum und die ihn zusammensetzenden Theile an diesem Thiere am besten beobachten liessen. Wir können daher dieses Thier zur Wiederholung unserer Versuche vor allen übrigen empfehlen.

*) Wir haben mit einem ausgezeichneten Plössl'schen Instrumente neuester Construction untersucht, welches alle uns zugänglichen und während dieser Untersuchung mehrmals mit denselben Objecten geprüften Mikroskope von Oberhäuser, Nachet, Kellner (Belthle) an Schärfe und Deutlichkeit der Bilder um ein Namhaftes übertraf.

Wir sperrten halberwachsene und erwachsene Meerschweinchen 20 bis 24 Stunden ab, ohne ihnen irgendwelche Nahrung zu geben. Der Magen enthielt nur noch wenige Speisereste, der Dünndarm war ganz leer, in den Zotten und Zellen waren nie Fetttröpfchen anzutreffen. Der Saum der Cylinderzellen war bis 0.0035 Mm. breit, immer sehr deutlich gestreift und zeigte vielfach das bürstenartige Auseinanderstehen der einzelnen Stäbchen, welche scharf contourirt waren. An einzelnen Stellen divergirten die Stäbchen so stark, dass dieselben einen Winkel mit einander bildeten. Dieser mit seiner Spitze dem Zelleninhalte zugekehrte Winkel entsteht dadurch, dass mehrere Stäbchen auf jeder Seite desselben ihr der Darmhöhle zugekehrtes Ende einander nähern (vgl. Fig. 2). Bei genauer Einstellung und günstiger Beleuchtung kann man auch über oder unter der Ebene, in welcher jene keilförmige Spalte am deutlichsten gesehen wird, andere Durchschnittsebenen einstellen, die gestreift sind. Es deutet dies, ebenso wie die gleichmässige Chagrinform, die man bei der Ansicht von oben wahrnimmt, darauf hin, dass die Stäbchen nicht bloss am Rande der Zelle aufsitzen, sondern das ganze Gebilde gleichmässig zusammensetzen. In zwei Fällen sahen wir solche keilförmige Spalten, die gegen die Darmhöhle hin convergirten und gegen den Zelleninhalt hin divergirten.

Bei der Behandlung mit Wasser traten theils die bekannten, blassen Kugeln aus, theils wurden die Säume kuppelförmig abgehoben, wodurch die Stäbchen noch deutlicher divergirten; allmälig aber werden sie blasser, die Contouren verschwimmen und die Stäbchen gehen mehr oder weniger zu Grunde, man sieht an der Kugel noch einen höckerigen Contour; doch konnten wir in diesem höckerigen Contour nicht wie Kölliker ein Stück der Zellmembran erkennen (a. a. O. im Separatabdruck S. 9).

Durch die mehrstündige Behandlung mit phosphorsaurem Natron quellen die Zellen auf, isoliren sich und nehmen oft verschiedene Gestalten an. Die Stäbchen des Saumes treten oft mehr auseinander, oft scheinen die einzelnen Stäbchen aufgequollen und zeigen keine so scharfe Begrenzung mehr, wie im frischen Zu-

stande; in der Regel aber überragt der Saum die Seiten der Zelle kronenartig.

In den Cylinderzellen des Dickdarms konnten wir weder im frischen Zustande noch durch Behandlung mit Reagentien Streifchen (und Stäbchen) nachweisen.

Wir gehen nun zu den Beobachtungen an resorbirenden Meerschweinchen über. Wir fanden die jungen und säugenden Thierchen meist in vollster Resorption. Der grösste Theil der Zotten war mit Fetttröpfchen angefüllt, ebenso strotzten die Cylinderzellen von Fetttröpfchen; der Saum an den Zellen war äusserst schmal, blass und oft nur durch eine Linie angedeutet, die bei genauerer Beobachtung ersichtlich wurde. Streifen konnten wir auch mit den besten Instrumenten in diesem schmalen Saume nicht entdecken. In diesem Zustande schloss der Saum der Zelle nach vorn zu ab; wir müssen dies daraus schliessen, dass grössere Fetttropfen in der Nähe des Saumes gegen diesen abgeplattet erscheinen. Die Fetttröpfchen zeigten eine sehr verschiedene Grösse, von den unmessbaren Körnern bis zu einem Durchmesser von 0.001—0.003 Mm., ja zuweilen 0.005 Mm. Andere Zellen, die wie ihre Zotten nicht mit Fett angefüllt waren, zeigten einen viel breiteren, aus schwach divergirenden Stäbchen zusammengesetzten Saum, wie wir ihn bei nüchternen Thieren antrafen. Zwischen diesen beiden Bildern in der Mitte stehend, sahen wir leere Zellen, die einen nicht sehr breiten (doch breiter als bei den mit Fett gefüllten), aber deutlich gestreiften Saum zeigten. Bilder dieser verschiedenen Uebergangsstufen, von der bereits verschwindenden Breite und Streifung des Saumes an den mit Fett gefüllten Zellen bis zu dessen namhafter Breite und dem Auseinanderstehen der ihn zusammensetzenden Stückchen an leeren Zellen, erhält man am schönsten und oft in einem und demselben Präparate von eben getödteten Thieren, die erst im Beginne der Resorption sich befinden.—In dem Saume selbst konnten wir keine Fetttropfen wahrnehmen; wenn wir hie und da derlei zu sehen glaubten, so erwies sich bei genauerer Beobachtung, dass die Fettkörnchen auf dem Saume gelegen hatten. Im Duodenum waren in

den meisten Fällen die Uebergänge nicht so scharf nachzuweisen, wie im übrigen Dünndarm. Im Dickdarme war der Saum schmal und die Streifen mangelten.

Wurden Darmstücke dieser Thiere in phosphorsaures Natron gelegt und 12—20 Stunden darin gelassen, so zeigte sich das bei der Untersuchung frischer Präparate theilweise grosskörnige Fett in den Zellen gleichmässig fein zertheilt und die Säume der Zellen, die an denselben Darmpartien im frischen Zustande schmal und ungestreift erschienen, waren wieder breiter und mehr oder weniger deutlich gestreift. Eben so zeigten sich an Darmstücken, die mehrere Stunden lang in freier Luft oder in der Bauchhöhle der getödteten Thiere gelegen hatten, bei genauer Untersuchung an dem breiter gewordenen Saume der mit Fett gefüllten Zellen Streifen.

Wenn man die Unterschiede des Zellensaumes an leeren und an mit Fett gefüllten Zellen beim Meerschweinchen, als dem hiezu geeignetsten Objecte, kennen gelernt hat, so ist es dann auch nicht mehr schwer, dieselben Vorgänge am Kaninchen zu verfolgen. Hungernde und nüchterne Kaninchen zeigen beinahe dieselbe Breite des Zellensaumes (bis 0.003 Mm.) wie das Meerschweinchen, dieselbe deutliche Zusammensetzung aus einzelnen Stäbchen, dasselbe bürstenförmige Auseinanderstehen dieser Stäbchen, nur erscheinen oft die einzelnen Stäbchen weniger scharf contourirt. Durch Wasserzusatz werden die Säume wieder durch die austretenden Kugeln abgehoben, und durch die starke Divergenz der einzelnen Stäbchen glich das Bild auffallend einem feingezahnten Rade einer Taschenuhr. Wir sahen auch in mehreren Fällen den Inhalt von Cylinderzellen, die durch längeres Liegenlassen in phosphorsaurem Natron kugelrund aufgequollen waren, ganz gleichmässig in der Zelle vertheilt (vgl. Fig. 7), und nicht wie Kölliker in Figur 7 zeichnet, nach der Spitze der Zelle hin gedrängt.

Analog den Beobachtungen am Meerschweinchen fanden wir bei den resorbirenden Kaninchen die Säume der mit Fett gefüllten Zellen constant schmal und nicht gestreift, und vorzüglich schön zeigte sich dies wieder an saugenden Thieren (vgl. Fig. 4). Mehrmals haben

wir sowohl an leeren, als an mit Fett gefüllten Zellen ohne Zusatz eines fremdartigen Reagens Schleimkugeln austreten sehen.

Diese Beobachtungen an resorbirenden Thieren erklären Brücke's Annahme, es sei die Basalseite der Cylinderzellen nur mit einem Schleimpfropfe verschlossen, denn bei saugenden Kaninchen, welche grösstentheils seinen Untersuchungen zu Grunde liegen, ist der Saum so schmal und die Fettanfüllung so gross, dass sich ersterer der Beobachtung oft entzieht. Durch die längere Behandlung mit Wasser geht er leicht ganz zu Grunde und austretende Kugeln nehmen seine Stelle ein.

Auch geben uns diese Beobachtungen directen Aufschluss über Funke's Bemerkung (a. a. O. S. 323), dass er gerade an den Stellen, wo die Zellen mit Fett erfüllt waren, keine Andeutung vom Streifen entdecken konnte. Kölliker dagegen bildet in der ersten Figur seiner Abhandlung eine Reihe fettgefüllter Zellen mit gestreiftem Saum ab; wir wissen aber, wie wir oben angegeben haben, dass durch mehrstündiges Liegenlassen oder Behandeln mit Reagentien, wie dies Kölliker bei seinen Untersuchungen gethan hat (a. a. O. S. 6 u. 7), die Streifen an den mit Fett gefüllten Zellen wieder zum Vorschein kommen.

Der Zustand, in welchem die Streifen zur Annahme von Poren Veranlassung geben konnten, ist eine Mittelstufe zwischen dem nüchternen Zustande und demjenigen, in welchem die Zellen mit Fett gefüllt sind. Man kann sich den Wechsel so denken, dass durch Verkürzung und verhältnissmässige Verdickung der einzelnen stabförmigen Stücke die trennenden Streifen zwischen ihnen immer schmäler werden und endlich dem Auge ganz entschwinden. Ebenso kann man sich denken, dass der so bewirkte festere Verschluss der mit Fett gefüllten Zellen bei der Contraction der Zotten den Rücktritt des Fettes in die Darmhöhle verhindert. Findet nun der ganze Vorgang in umgekehrter Reihenfolge Statt, so werden zuerst die Streifen erscheinen und endlich das bürstenförmige Auseinanderstehen an ganz leeren Zellen eintreten.

Wir gingen nun zur Untersuchung von Hunden über. Bei Hunden, die 24—36 Stunden nichts zu fressen bekommen hatten, deren Chylusgefässe, Zotten und Zellen leer waren, fanden wir die Säume der letzteren verhältnissmässig breit, 0.0030—0.0035 Mm. messend, sie waren deutlich gestreift und ihre Zusammensetzung aus einzelnen Stäbchen, die an vielen Stellen divergirten, leicht bemerkbar. Dies war das Verhalten, wenn wir, wie gewöhnlich, im Darmschleim des Thieres untersuchten. Auf Wasserzusatz wurde auch hier der Saum abgehoben und ging öfters die bei dem Meerschweinchen beschriebenen Veränderungen ein. Oft sahen wir bei dieser Behandlungsweise von den Zellen losgerissene Säume, die den freischwimmenden, blassen Kugeln aufsassen. Bei einzelnen noch unverletzten, isolirten Zellen ragte der Saum kronenartig weit über die Seitenränder der Zellmembran, das Auseinanderstehen der Stäbchen aufs Deutlichste zeigend (vgl. Fig. 5). Auf dieses specielle Bild bezieht sich offenbar die Stelle bei Gruby und Delafond, in welcher sie sagen: „à la surface des épitheliums des villosités de l'intestin grêle du chien existent des corps vibratiles non encore decrits, dont la fonction est peut-être de déplacer, quand il est nécessaire, le chyle brut, qui est en contact avec les épitheliums.“ Im Duodenum fanden wir die Breite des Saumes und die Deutlichkeit der Streifung derjenigen des übrigen Dünndarms wieder etwas nachstehend, während wir im Dickdarm an frischen und mit Wasser behandelten Präparaten den Saum wenigstens um $^1/_3$ schmäler als im Dünndarm antrafen, und die Streifen nur undeutlich zu erkennen waren.

Hunde, die wir im Stadium der Resorption tödteten und deren Chylusgefässe wir auch in den Darmwandungen 4—5 Stunden nach einer reichlichen Fütterung auf's Schönste angefüllt fanden, zeigten in den Zotten und deren Zellen, sowie auch in der Darmhöhle ein meist feiner vertheiltes Fett, als wir es bei Kaninchen und Meerschweinchen anzutreffen gewohnt waren. Die Zellen hatten auch hier einen schmalen ungestreiften Saum, und die Fettanfüllung war an manchen Stellen so gross, dass er verschwindend klein erschien, während er an andern die Breite von 0.001 Mm. erreichte. In

den unteisten Partien des Dünndarms waren in einem Falle die Chylusgefässe nicht gefüllt, die Zotten und Zellen noch leer, und da waren die Säume 0.002—0.0025 Mm. breit und ziemlich deutlich gestreift, jedoch nicht in dem Grade wie bei nüchternen oder hungernden Thieren. Im Dickdarme sahen wir nur schmale Säume und hie und da ganz offene Zellen.

Die Epithelzellen derjenigen Darmstücke nüchterner Hunde, die 12—18 Stunden in einer verdünnten Lösung von phosphorsaurem Natron gelegen hatten, zeigten ein so eigenthümliches Verhalten, dass wir nothwendiger Weise näher darauf eingehen müssen. Die Säume waren etwas breiter geworden und aufgequollen und zeigten mehr weniger scharf alle Uebergänge von deutlichen Streifen bis zu den stark divergirenden Stäbchen. An einer oder beiden Seiten der Körnermasse sah man den Contour grosser blasser Kugeln, so dass der Zellinhalt sich entweder nach der Peripherie der Kugel krümmte (die Zellenform im Allgemeinen beibehaltend), oder dass er sich in deren Mitte befand und beiderseits von blassen Kugeltheilen eingeschlossen wurde. Der Saum war immer ausserhalb der Kugelperipherie zu sehen, unmittelbar dem Basaltheile des Zelleninhalts (vgl. Fig. 6 *a*) aufsitzend. Daneben lagen, so weit man schätzen konnte, in gleicher Anzahl, inhaltsleere, oben deutlich offene und scharf contourirte Zellenhäute, deren oft spitz zulaufendes Ende das Licht in der Regel stärker brach als der obere Theil. Die Oeffnung war rein gezeichnet, glatt, durchaus nicht gerissen (vgl. Fig. 6 *b*). Auf Zusatz von Essigsäure traten die Umrisse noch etwas schärfer hervor. Der Mangel eines jeglichen Inhaltes, die trichterförmige Form und die scharfen Umrisse, lassen uns diese Gebilde als die wirklichen Zellenhüllen erkennen, während die mit dem Saume verbundene Körnermasse sammt der sie einschliessenden blassen Kugel, den aus jenen Hüllen ausgetretenen Zelleninhalt darstellen. Die Contouren der wirklichen, leeren Zellhüllen beweien, dass jene danebenliegenden blassen Kugeln mit Zelleninhalt und Saum keine ausgedehnten Zellmembranen sind, um so mehr, da sich ihre Contouren von denjenigen der gewöhnlich austretenden blassen Kugeln durch

nichts unterscheiden, während unversehrte Zellen, die wir unter unsern Augen wirklich aufquellen sahen und deren Inhalt gleichmässig vertheilt war, einen jenen Zellhüllen entsprechenden, nur wenig blasseren*) Contour zeigten, ganz verschieden von dem der blassen Kugeln. Das Austreten des ganzen Inhaltes in der der Zellenhöhle entsprechenden Gestalt hat Brücke an Kaninchen unter seinen Augen beobachtet und beschrieben (a. a. O. S. 105). Jene Kaninchenzotten waren nach dem Austreten des Zelleninhaltes nicht nackt, sondern man bemerkte an ihnen noch verwischte Umrisse (mündliche Mittheilung). Die beim Kaninchen zurückbleibenden Hüllen waren also ihrer grösseren Zartheit wegen durch die länger andauernde Einwirkung des Wassers rascher unkenntlich geworden als beim Hunde.

Diese Vorgänge beweisen uns, dass der Zelleninhalt eine festere Consistenz besitzt, als man bisher annahm, so dass er unter Umständen auch unabhängig von der Zellmembran seine Form zu conserviren und in seinem Innern abgelagerte Fetttröpfchen und Körnchen zusammenzuhalten im Stande ist; sie beweisen uns auch, dass der Saum mit dem Zelleninhalte in einer innigeren Verbindung steht, als mit dem Zellmantel, wofür auch spricht, dass die blassen Kugeln, die auch ein Theil des Inhaltes sind, nur an der Basis, nie aber an der Seite der Zelle austreten. In zwei Fällen, einmal beim Hunde, das andere Mal beim Kaninchen, sahen wir eine Kugel an der Spitze der Zelle austreten.

Einmal hatten wir im Laufe dieser Untersuchungen Gelegenheit, die Cylinderzellen von einem recht gut erhaltenen Menschendarme zu untersuchen, dessen Chylusgefässe mit blassem Chylus gefüllt waren. Der Saum war breit und deutlich gestreift und an einzelnen Stellen auch hier das Auseinanderstehen von Stäbchen zu sehen.

Fassen wir die erhaltenen Resultate kurz zusammen, so ergiebt sich:

---

*) Es erklärt sich aus der zweiten Reflexion an der inneren Fläche des leeren Zellmantels, dass seine Contouren schärfer gezeichnet sind, als die der aufgequollenen Zellen, deren Inhalt gleichmässig vertheilt ist.

1. Der besprochene Saum der Cylinderzellen des Dünndarms ist kein poröser Deckel, sondern ein Aggregat von prismatischen Stücken, welche wir der Kürze wegen im Text mit dem Namen der Stäbchen belegt haben. Dieser Saum steht auch mit dem Zelleninhalte in näherer Verbindung, als mit der Zellenmembran, indem diese als leere, oben weit offene, trichterförmige Hülle zurückbleibt, wenn der Saum mit dem Zelleninhalte sich von ihr trennt.

2. Der Saum ist in nüchternen Thieren am breitesten und seine einzelnen Stücke lassen sich deutlich von einander unterscheiden. An den mit Fett gefüllten Zellen ist der Saum um mehr als die Hälfte schmäler, oft gegen zwei Drittheile, und die trennenden Streifen verschwinden.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1 und 2. Fettleere Zellen des nüchternen Meerschweinchens. Die Bilder sind bei 360facher Vergrösserung gewonnen, wurden aber zur deutlichern Versinnlichung der Zusammensetzung des Saumes mehrmals vergrössert gezeichnet.

» 3—7. Bei 360facher Vergrösserung.

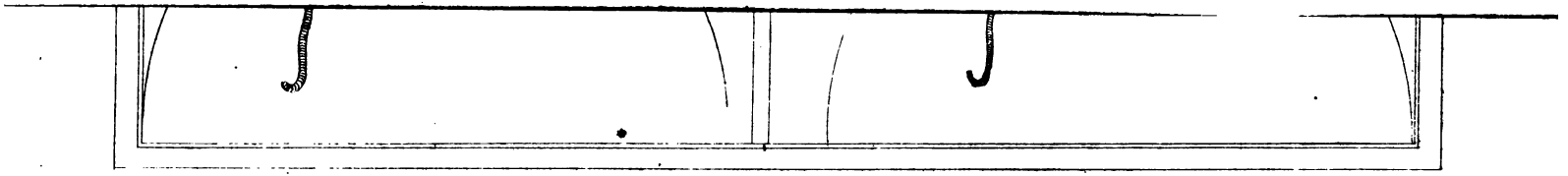
» 3. Eine Reihe fettleerer Epithelzellen vom nüchternen Meerschweinchen.

» 4. Eine Reihe mit Fett gefüllter Epithelzellen mit schmalen Säumen vom saugenden Kaninchen.

» 5. Isolirte Zellen des Hundes mit Wasser behandelt.

» 6. *a* ausgetretener Inhalt mit Saum und blasser Kugel, *b* die dazu gehörigen Zellmäntel. Vom Hunde.

» 7. In phosphorsaurem Natron kugelrund aufgequollene Zellen mit gleichmässig vertheiltem Inhalt. Vom Kaninchen.



IV.

Ueber die relative Stärke der directen und indirecten Muskelreizung.

Von

J. **Rosenthal**, stud. med. in Berlin.

Als Remak fand, wie viel leichter mit denselben Stromesschwankungen am lebenden menschlichen Körper Muskelcontractionen zu erhalten sind, wenn man den Nerven eines Muskels, als wenn man den Muskel allein in den Kreis der Stromesschwankungen bringt, glaubte er darin einen Beweis gegen die Irritabilität gefunden zu haben*). Es ist aber klar, dass aus Remak's Experiment gar nichts geschlossen werden kann, da bei der Unmöglichkeit, die Vertheilung der Ströme in so unregelmässigen Gebilden zu verfolgen, es durchaus nicht feststeht, ob die Reizung bei verschiedenartiger Anlegung der Elektroden gleich bleibt, und es vielmehr wahrscheinlich ist, dass in dem Falle, wo die eine Elektrode auf den Nerven bei seinem Eintritt in den Muskel aufgesetzt wird, die Ströme im Nerven eine grössere Dichte erlangen, als im anderen, wo, wenn beide Elektroden auf den Bauch des Muskels aufgesetzt sind, die grosse Masse des verhältnissmässig gut leitenden Muskels den Strömen Gelegenheit zur Ausbreitung bietet. Der Versuch am lebenden Menschen scheint daher nicht einmal zur Entscheidung der Frage, wie sich die Stärke der Contraction in Folge gleicher Reizung vom Nerven oder vom

*) Remak, Ueber methodische Elektrisirung gelähmter Muskeln. Berlin 1856.

Muskel selbst aus verhält, beitragen zu können, noch viel weniger darf ihm aber eine Bedeutung für die Irritabilitätsfrage beigemessen werden.

Inzwischen ist diese aber durch Kölliker's und Bernard's Versuche mit Wurali*) in ein neues Stadium getreten. Der unzweifelhafte Nachweis, dass dieses Gift die Endigungen der motorischen Fasern innerhalb der Muskeln ganz vorzugsweise tödte, in Verbindung mit der schon früher von Bernard entdeckten Thatsache, dass bei so vergifteten Thieren die Reizung der Nerven ganz fruchtlos ist, dagegen die Reizung der Muskeln direct starke Contraction zur Folge hat, möchten wohl die Irritabilität der Muskelfaser in den Augen Aller zur bewiesenen Thatsache erhoben haben.

Geht man davon aus, so ist klar, dass man bei directer Reizung der Muskeln eigentlich eine zweifache Reizung unterscheiden muss, die eine als Wirkung auf die Muskelfaser selbst, die andere als Wirkung auf die intramuskularen Nervenendigungen. Demgemäss müssten gleiche Reize, wenn sie auf den Muskel direct angewandt würden, eine stärkere Wirkung haben, als bei Anwendung auf den Nervenstamm, also gerade entgegengesetzt der Remak'schen Annahme.

Um dies zu entscheiden, präparirte ich von einem Frosche so schnell als möglich nacheinander die beiden Gastroknemien mit daran hängenden Ischiadnerven, brachte den einen Muskel ohne seinen Nerven in den secundären Kreis eines Du Bois-Reymond'schen Schlittenmagnetelektromotor und legte den Nerv des anderen mit einem Theil dem ersten Muskel auf, wie Fig. I. zeigt. Alle Ströme, welche jetzt von der Inductionsvorrichtung ausgehend den mit I bezeichneten Muskel durchsetzten, mussten nun auch ihren Weg durch das Stück A B des Nerven des anderen Muskels nehmen und es war daher, wenn man die Leitungsfähigkeit der Nerven- und Muskelsubstanz als annähernd gleich betrachtet, die Dichte in jedem durch Nerv und Muskel zugleich gelegten Querschnitt gleich, also auch die Grösse der Gesammtreizung beider annähernd gleich. Die secundäre

*) Virchow's Archiv X, S. 1 ff. — Comptes rendus 1856. Tom XLIII. p. 825—29.

Rolle des Apparats wurde nun sehr weit von der primären entfernt, der Apparat in Thätigkeit gesetzt und die Rolle allmälig genähert. Die Reizung nimmt so in Muskel und Nerv ganz gleichmässig zu, und falls ein Unterschied in der directen und indirecten Reizung existirt, muss der eine Muskel früher als der andere zur Contraction kommen.

Die Ausführung des Versuchs ergiebt nun das constante Resultat, dass der vom Nerven aus gereizte Muskel II sich früher contrahirt, woraus also auf eine grössere Wirksamkeit der indirecten Reizung geschlossen werden muss. Bevor wir jedoch diesen Schluss wirklich zu ziehen berechtigt sind, ist es nöthig, zu erwägen, welche Fehler etwa unserem Verfahren anhaften und ob diese vielleicht die Ursache der unerwarteten Erscheinung sein möchten.

Erstlich kann man an eine irgendwie entstandene Ungleichheit der Erregbarkeit denken. Ich vertauschte daher die Präparate und überzeugte mich, dass das Resultat dasselbe blieb, welchen von beiden Muskeln man auch zum direct und welchen zum indirect gereizten macht. Der Satz: Bei gleicher Erregbarkeit wirkt derselbe Reiz stärker, wenn er auf den Nerven, als wenn er auf den Muskel direct angewandt wird, bleibt also von dieser Seite ungefährdet. — Eine andere Frage ist, ob die beobachtete Contraction des zweiten Muskels nicht vielleicht unipolare Inductionszuckung sei. Der direct gereizte Gastroknemius stellt nämlich hier eine unvollkommene Schliessung des Inductionskreises vor. Möglicher Weise könnten sich also, wenn der zweite Muskel nicht hinreichend isolirt ist, unipolare Zuckungen zeigen *). Zwar müssten diese unipolaren Strömungen sehr schwach sein, da sie aber in dem Stücke des Nerven, welches dem Muskel nicht anliegt, eine bedeutende Dichte erreichen, und die Geschwindigkeit ihrer Abgleichung sehr gross ist, so könnten sie dennoch im Verein mit jener Reizung im anliegenden Stücke des Nerven das Uebergewicht dieses Muskels über den ersten veranlassen. Jedoch von mangelnder Isolation kann gar nicht die Rede sein. Die zu den Versuchen benutzte Vorrichtung war nämlich folgende: Auf einem

*) Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I, S. 432 ff.

gläsernen Dreifuss lag ein wohllackirtes Brettchen, auf dem zwei Stanniolstreifen aufgeklebt waren. Jeder dieser Stanniolstreifen stand mit einem Ende der Inductionsrolle in Verbindung und über beide war der direct zu reizende Muskel gebrückt, während sein Nerv auf einem Glimmerblättchen ruhend von den Strömen gänzlich ausgeschlossen war. Der andere Muskel lag auf einer Glasplatte, welche ebenfalls auf einem gläsernen Dreifuss ruhte, und es wurde sorgfältig darauf geachtet, dass zwischen den beiden isolirenden Tischchen ausser durch den Nerven gar keine Verbindung existirte. Die Isolation erwies sich in der That so vollständig, dass wenn der Nerv ganz an einem Ende des Muskels auflag, bekanntlich die günstigste Lage für das Zustandekommen der unipolaren Zuckung, selbst bei den stärksten Strömen des Apparats, der Muskel II völlig in Ruhe blieb, und bei der Stärke der Ströme, wie sie bei unserem Versuch nöthig sind, sogar noch, wenn der Muskel ableitend berührt wurde. Gegentheils konnten sehr wohl Zuckungen stattfinden, wenn der Nerv gerade in der Mitte des Muskels sich von diesem abwandte, wenn nur ein hinreichendes Stück demselben anlag. Endlich blieben selbst bei den stärksten Strömen die Zuckungen des zweiten Muskels gänzlich aus, wenn sein Nerv an der Stelle, wo er sich vom ersten Muskel abwendet (Fig. I, B.), unterbunden war.

Es kann somit als erwiesen betrachtet werden, dass die Ursache der Contraction des zweiten Muskels in der That nur die Erregung der Stelle seines Nerven sei, welche dem ersten Muskel anliegend von denselben Strömen als dieser durchflossen wird. Die Grösse des Reizes an dieser Strecke ist aber genau genommen stets etwas geringer als die des auf den Muskel wirkenden, weil, abgesehen von der geringeren Leitungsfähigkeit des Nerven, die erregte Strecke immer etwas kürzer war, als beim Muskel, bei welchem die Ströme von einem Ende zum anderen verliefen. Ja man kann die Strecke des Nerven, welche man durch Anlegen an den Muskel erregt, sogar bis zu einer gewissen Grenze verkürzen und erhält doch noch im zugehörigen Muskel früher Zuckung als in dem direct gereizten. Diese Grenze aber ist verschieden je nach der Stelle des Muskels,

an welche der Nerv angelegt wird. Besonders kann man am unteren Ende des Gastroknemius, wo er in die Achillessehne übergeht, diese Verkürzung viel weiter treiben, als am oberen Ende oder in der Mitte, weil, wie sich aus der Gestalt des nach unten sich verjüngenden Gastroknemius ergiebt, die Stromdichte von oben nach unten allmälig zunimmt. Man kann diesen Einfluss der Dichte an verschiedenen Stellen des Gastroknemius durch folgendes Experiment deutlich machen. Man legt, wie es in Fig. II a. dargestellt ist, eine Strecke des Nerven längs des Muskels von der Stelle des grössten Querschnitts bis zu solchen sehr geringen Querschnitts, und wählt die Stärke der Inductionsströme so, dass in dem Muskel II eben noch leise Andeutungen von Contractionen auftreten. Biegt man nun den Nerven so um, dass er doppelt von der Mitte nach unten liegt, wie in Fig. II b, so werden die Contractionen bedeutend verstärkt, hören jedoch ganz auf, wenn man, wie in Fig. II c, den Nerven doppelt von der Mitte nach oben legt. Nennt man die drei Lagen a, b, c, so ist erstens in allen dreien die Länge der erregten Strecke die nämliche; ferner hat beim Uebergang aus der Lage a in die Lage b ein Theil des Nerven seine Lage nicht geändert, ein anderer aber ist von Orten geringerer an Orte grösserer Dichte gekommen, die Gesammtsumme der Erregung ist also gewachsen; beim Uebergang aus der Lage a in die Lage c dagegen hat ein Theil des Nerven seine Lage ebenfalls nicht geändert, ein anderer aber ist von Orten grösserer an Orte geringerer Dichte gekommen, die Gesammtsumme der Erregung hat also abgenommen.

Dass diese Erscheinungen, wie wir so eben entwickelt haben, allein von der Gestalt des Gastroknemius und der dadurch bedingten Aenderung der Dichte an verschiedenen Stellen, nicht aber, wie ich zuerst selbst geglaubt habe, von der elektromotorischen Verschiedenheit der verschiedenen Stellen bedingt sei, lässt sich dadurch zeigen, dass die Erscheinungen die nämlichen bleiben, mag man nun den Nerven des zweiten Muskels an der äusseren Seite des ersten Gastroknemius anlegen, wo der weit hinaufreichende Sehnenspiegel einen grossen natürlichen Querschnitt bietet, oder an der inneren, wo bis

tief unten reiner Längsschnitt vorhanden ist. Es giebt aber ein Experiment, wo sich die Wirksamkeit der elektromotorischen Verschiedenheit zwischen Längs- und Querschnitt sehr schön zeigt. Reizt man nämlich einen Muskel auf dem oben beschriebenen Brettchen durch Ströme, die ihn direct durchsetzen, während der Nerv durch das Glimmerblättchen von der Reizung ausgeschlossen ist, und wählt die Stärke der Ströme so, dass nur schwache Contraction eintritt, hebt dann den Nerven mit einer Pincette auf und legt ihn dergestalt auf seinen eigenen Muskel, dass er jetzt ebenfalls von den Strömen durchflossen wird, so nimmt die Stärke der Contractionen zu, weil jetzt zu der directen Reizung noch die indirecte vom Nerven aus hinzugetreten ist. Sobald man jedoch mit dem Nerven die Sehne berührt, werden die Contractionen plötzlich um ein Bedeutendes verstärkt, offenbar durch die negative Schwankung des tetanisirten Muskels, die sich durch den Nerven fortpflanzt, und wir haben hier das gewiss sehr interessante Phänomen, dass der Tetanus sich selber zu verstärken vermag. Diese Erscheinung wäre paradox, wenn nicht eben in den Nervenmolecülen selbst schon Kräfte gebunden wären, die durch die Reizung ausgelöst, nicht bloss von derselben übertragen werden *).

Auch mit der Oeffnung und Schliessung eines constanten Stromes lässt sich das Uebergewicht der indirecten vor der directen Reizung zeigen. Zu dem Ende leitete ich durch den einen Muskel den Strom eines Daniell'schen Elements, den ich durch Einschaltung einer Nebenschliessung so abschwächte, dass weder Schliessung noch Oeffnung eine Zuckung veranlasste. Wurde nun der Nerv des anderen Muskels diesem ersten angelegt, so trat bei der Schliessung regelmässig, bei der Oeffnung zuweilen im zweiten Muskel Zuckung ein. Die grössere Wirksamkeit der Schliessung beruht wahrscheinlich darauf, dass bei dem Eintauchen des amalgamirten Hakens dieser das Quecksilber plötzlich berührt, beim Herausheben dagegen einen Faden nach sich zieht, wodurch der Widerstand allmälig wächst und dann beim

*) S. Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. 1. Bd., S. 153.

wirklichen Oeffnen die Reizung geringer ausfällt. Die Richtung des Stromes zeigte sich ohne Einfluss auf das Resultat*).

Nachdem ich so nachgewiesen habe, dass die Reizung des Stammes des motorischen Nerven eine stärkere Zuckung auslöst, als die absolut gleiche Reizung des Muskels selbst, muss ich mich vor dem Vorwurf rechtfertigen, als hätte ich längst Bekanntes als neu ausgegeben. Ich finde nämlich allerdings in Ludwig's Physiologie**) folgende Stelle: „Die Zusammenordnung der Muskeln und Nerven hatte aber in der Art statt, dass sich die Erregbarkeit der Gebilde vom Muskel durch den Nervenstamm bis in das Rückenmark fortwährend steigerte. Denn es wurde durch dasselbe Erregungsmittel ein geringer Effect erzeugt, wenn es gerade auf den Muskel, ein grösserer, wenn es durch den Nervenstamm, und ein noch beträchtlicherer, wenn es durch das Rückenmark auf den Muskel wirkte." Obgleich diese Stelle ausdrücklich auf eine frühere zurückweist, wo die aufgestellte Behauptung näher begründet wäre, so habe ich doch vergebens nach einer solchen in dem sonst so exact gearbeiteten Buche gesucht, und ich konnte mich nicht überzeugen, dass diese Thatsache wirklich schon mit aller erforderlichen Schärfe experimentell festgestellt sei, weshalb ich nicht anstehe, diese Versuche der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Ich komme jetzt zu einer anderen Thatsache von nicht minderer Bedeutung. Wenn, wie wir gesehen haben, die Reizung des Nervenstammes so viel wirksamer ist, als die des Muskels, sollte vielleicht, so könnte man vermuthen, die directe Reizung ganz ohne Vermittelung des Nerven vor sich gehen, d. h. sind die intramuskularen Nervenendigungen vielleicht an sich gar nicht reizbar, sondern vermögen nur den auf den Stamm des Nerven wirkenden Reiz auf den Muskel zu übertragen? So überraschend diese Ansicht erscheint, so sehr gewinnt sie an Wahrscheinlichkeit, wenn man hört, dass mit

*) Auch Valentin hat die stärkere Wirkung der Schliessung beobachtet. S. sein Lehrb. d. Physiol. 2. Bd., 2. Abth., S. 656.

**) 1. Bd. S. 450.

Wurali vergiftete Muskeln, also solche, bei denen die intramuskularen Nervenendigungen todt sind, durchaus nicht an Erregbarkeit verloren haben sollen. So sagt Kölliker*): „Von Muskeln werden die willkürlich beweglichen, wie allgemein bekannt, vom Urari nicht afficirt, ja es könnte selbst in Frage kommen, ob dieselben nicht reizbarer sind, als sonst, wenigstens bedingen elektrische, chemische (Kali, Natron causticum) und mechanische Reize Zuckungen von einer solchen Energie, dass dieselben bei ganz unversehrten Thieren nicht stärker gesehen werden.“ Und Cl. Bernard sagt**): „Que chez les animaux empoisonnés par le curare l'irritabilité musculaire n'avait subi, non seulement aucune diminution, mais qu'elle se trouvait au contraire augmentée.“ Aber diesen Beobachtungen steht eine andere gegenüber, die das Gegentheil zu beweisen scheint. Lähmt man nämlich, wie dies Eckhard gelehrt hat, die Nervenfasern bis in ihre letzten Endigungen durch einen constanten Strom, so vermag eine Stromesschwankung von einer gewissen Grösse, welche vorher hinreichte, bei directer Application an den Muskeln eine Zuckung auszulösen, dies nicht mehr, während die Zuckung sogleich wieder eintritt, sobald die lähmende Kette geöffnet wird***). Allerdings hat Eckhard daraus auf die Nichtexistenz der Muskelirritabilität geschlossen; aber Pflüger hat schon richtig bemerkt, dass daraus nur auf Herabsetzung der Reizbarkeit durch den Ausschluss der intramuskularen Nervenendigungen geschlossen werden darf. Der Widerspruch zwischen dieser wohl constatirten Thatsache und der Behauptung Bernard's und Kölliker's liesse sich nur heben, wenn man annehmen wollte, das Pfeilgift tödte zwar die Nervenendigungen, er höhe jedoch die Reizbarkeit der Muskelsubstanz, so dass die Reizbarkeit trotz des Wegfalls der von den intramuskularen Nervenendigungen ausgehenden Wirkung dennoch erhöht wäre. Es schien mir jedoch gewagt, der gänzlich unbegründeten Behauptung Bernard's

*) Kölliker a. a. O. S. 12.

**) Bernard a. a. O.

***) Eckhard, Beiträge zur Anatomie u. Physiol. 1. Heft, S. 47 f.

und Kölliker's zu Liebe eine so unhaltbare Hypothese zu machen. Denn Beide stützen sich bei der Angabe der Stärke einer Zuckung nur auf die Schätzung mit dem Auge und Nichts bürgt dafür, dass der angewandte Reiz stets derselbe gewesen. Denn der Strom der „elektrischen Pincette" ist meines Wissens durchaus kein constanter und Herr Bernard hat durch sie, glaube ich, den Apparat des Elektrophysiologen nicht eben wesentlich bereichert *). Es schien mir daher der Mühe werth, die Sache auf exactere Weise zu untersuchen, und da ich durch die Güte des Herrn Prof. Du Bois-Reymond eine Quantität des so seltenen Giftes erhielt, so stellte ich die Versuche folgendermassen an: Es wurden an Fröschen theils die Arteria und Vena cruralis, theils die Art. iliaca communis der einen Seite, das letztere nach Du Bois' Angabe **), unterbunden, zweimal auch nur der eine Schenkel ganz abgebunden, und die Thiere dann vergiftet. Nachdem ich mich überzeugt, dass diese Operationen an unvergifteten Thieren während der hier in Betracht kommenden Zeit keine merkbare Aenderung der Erregbarkeit bedingten, wurden die beiden Gastroknemien desselben Thieres, von denen also der eine vergiftet, der andere unvergiftet war, ohne ihre Nerven zwischen drei mit concentrirter Kochsalzlösung getränkten Bäuschen auf einer Glasplatte so angeordnet, dass sie beiderseits die Bäusche ganz gleichmässig und immer nur mit der Sehne berührten. Die beiden äussersten Bäusche wurden nun mit den Enden der secundären Spirale des Du Bois'schen Schlittenmagnetelektromotors verbunden. Die Inductionsströme mussten also beide Muskeln zugleich durchlaufen. Da nun nach bekannten physikalischen Gesetzen die in jedem Querschnitte eines Leiters sich bewegende Elektricitätsmenge die nämliche ist, wegen der symmetrischen Gestalt der beiden Muskeln aber die entsprechenden Querschnitte gleich gross sind, so musste auch die

*) S. Kölliker a. a. O. S. 10 Anm. — Ich will jedoch nicht bestreiten, dass, um nur auf Reizbarkeit zu prüfen, das Instrument bequem sei.

**) S. Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität 2. Bd., 1. Abth., S. 56.

Stromdichte in denselben die nämliche und also auch die Gesammtreizung in beiden die nämliche sein. Es wurde nun verfahren wie bei den früheren Versuchen. Die secundäre Rolle wurde genähert und wie die Reizung allmälig stärker und stärker wurde, trat jedesmal in dem unvergifteten Muskel früher als in dem vergifteten, die Contraction ein, als klarer Beweis, dass durch die Wuralivergiftung die Reizbarkeit in der That nicht erhöht, wie Bernard und Kölliker behaupten, sondern herabgesetzt werde. Der beobachtete Unterschied war bei Winterfröschen nur gering, bei Fröschen aber, welche schon in diesem Frühling gefressen hatten, bevor sie gefangen wurden, sehr bedeutend. Auch habe ich gefunden, dass sich bei Winterfröschen nach mehrmaliger Anstellung des Versuchs das Verhältniss zuweilen umkehrte, was jedenfalls davon herrührt, dass die vom Kreislauf ausgeschlossenen Muskeln leichter ermüden, als die anderen.

Bevor ich diese Arbeit schliesse, muss ich Herrn Professor Du Bois-Reymond, unter dessen specieller Leitung diese Versuche angestellt sind, und der sich auch von der Richtigkeit derselben überzeugt hat, für alle mir durch Rath und That erwiesene Unterstützung meinen besten Dank aussprechen, so wie auch meinem Freunde, Herrn Hensen, dessen Hülfe ich mich bei vielen der zahlreichen Versuche zu erfreuen hatte.

Berlin im Anfange des Mai 1857.

V.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Fünfte Abtheilung.

§. 7. Merkliche Ausgaben.

Die in der ersten Abtheilung mitgetheilten Tabellen *) lehren schon, dass die erstarrten Murmelthiere nach längeren Zwischenzeiten erwachen, um Koth und Harn oder einen von beiden auszusondern. Die Grössen der Ruhepausen wechseln hierbei mit den Nebenverhältnissen in hohem Grade. Die in dem ersten Aufsatze enthaltenen Thatsachen, die sich auf die Murmelthiere N°. VI und N°. VII beziehen, und die dieser Arbeit beigegebenen vier Uebersichtstabellen, welche den schon in der vorigen Abtheilung erwähnten Thieren N°. 1 und N°. 3 entsprechen, geben ein ziemlich vollständiges Material zur Beurtheilung der hier in Betracht kommenden Erscheinungen.

Wir haben zunächst:

---

*) S. diese Zeitschrift Bd. I. S. 233—238.

Zwischenzeit von einer merklichen Entleerung zur andern.						
Murmelthier.	Koth.			Harn.		
	Zwischenzeit.	Anzahl der Zwischentage.	Mittelwerth	Zwischenzeit	Anzahl der Zwischentage.	Mittelwerth
No. VI. Männchen.	Vom 6. bis zum 15. December.	9	53	Vom 6. bis zum 15. December.	9	26,5
	„ „ „	„		Vom 15. December bis zum 3. Januar.	19	
	„ „ „	„		Vom 3. Januar bis zum 27. Februar.	55	
	Vom 15. December bis zum 22. März.	97		Vom 27 Februar bis zum 22. März.	23	
No. VII. Weibchen.	Vom 6. bis zum 26. December.	20	32,25	Vom 6. bis zum 26. December.	20	32,25
	Vom 26. December bis zum 24. Januar.	29		Vom 26. December bis zum 24. Januar.	29	
	Vom 24. Januar bis zum 22. Februar.	29		Vom 24. Januar bis zum 22. Februar.	29	
	Vom 22. Februar bis zum 14. April.	51		Vom 22. Februar bis zum 14. April.	51	
No. 1. Männchen.	Vom 7. November bis zum 2. December.	25	25,7	Vom 7. November bis zum 2. December.	25	25,7
	Vom 2. bis zum 24. December.	22		Vom 2. bis zum 24. December.	22	
	Vom 24. December bis zum 15. Januar.	22		Vom 24. December bis zum 15. Januar.	22	
	Vom 15. Januar bis zum 2. Februar.	18		Vom 15. Januar bis zum 2. Februar.	18	
	Vom 2. Februar bis zum 11. März.	37		Vom 2. Februar bis zum 11. März.	37	
	Vom 11. März bis zum 10. April.	30		Vom 11. März bis zum 10. April.	30	

Zwischenzeit von einer merklichen Entleerung zur andern.

Murmelthier.	Koth.			Harn.		
	Zwischenzeit.	Anzahl der Zwischentage.	Mittelwerth	Zwischenzeit.	Anzahl der Zwischentage.	Mittelwerth
No. 3. Männchen.	Vom 19. bis zum 29. November.	10		Vom 19. bis zum 29. November.	10	
	Vom 29. November bis zum 30. Decemb.	31		Vom 29. November bis zum 30. Decemb.	31	
	Vom 30. December bis zum 10. Januar.	11		Vom 30. December bis zum 17. Januar.	18	
	Vom 10. bis zum 31. Januar.	21		Vom 17. bis zum 31. Januar.	14	
	Vom 31. Januar bis zum 19. Februar.	19	15,3	Vom 31. Januar bis zum 19. Februar.	19	
	Vom 19. bis zum 28. Februar.	9		Vom 19. Februar bis zum 14. März.	23	14,6
	Vom 28. Februar bis zum 14. März.	14		Vom 14. bis zum 25. März.	11	
	Vom 14. März bis zum 3. April.	20		Vom 25. März bis zum 3. April.	9	
	Vom 3. bis zum 11. April.	8		Vom 3. bis zum 11. April.	8	
	Vom 11. bis zum 21. April.	10		Vom 11. bis zum 21. April.	10	
				Vom 21. April bis zum 1. Mai.	10	

Man sieht zunächst, dass meist Koth und Urin gleichzeitig abgehen. Die 46 verzeichneten Beobachtungen enthalten 13 Doppelfälle der Art. Tritt eine Entleerung gesondert aus, so ist es häufiger der Harn als der Koth. Wir haben sechs isolirte Harn- und nur zwei gesonderte Kothentleerungen. Es ereignet sich auch bisweilen, dass ein kleiner Kothballen in dem After, oder in dessen nächster Umgebung lange Zeit haften bleibt.

Thiere, die ruhig und fest schlafen, führen ihre merklichen Entleerungen seltener und sparsamer aus. N°. VI und VII schliefen im Ganzen ungestört, da sie nur zu Wägungen benutzt worden *). Die Zwischenzeit stieg daher bis auf 97 Tage für die Koth- und auf 55 Tage für die Harnentleerung. N°. 1 und N°. 3 wurden häufig zu Respirationsbeobachtungen benutzt. Jenes schlief dabei bei Weitem ruhiger, als dieses. Das Maximum der Zwischenzeit glich daher 37 Tage für N°. 1 und nur 31 Tage für N°. 3.

Hält man sich an die eben verzeichneten Mittelwerthe, so kann man sagen, dass ein Murmelthier, das ziemlich fest schläft, nach einer ungefähren Durchschnittszeit von $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Wochen erwacht, um Koth und Harn auszusondern. Das in der vorigen Abtheilung unter N°. 2 erwähnte Thier, welches ich fast den ganzen Winter unberührt liess, lieferte nahebei sechswöchentliche Zeiträume. Diese Periode sank dagegen im Mittel auf 2 Wochen in N°. 3, das häufig erwachte und in dem öftere Ruhestörungen mit Perioden tiefen Schlafes wechselten.

Es kommt vor, dass ein im Laufe des Winters erwachtes Murmelthier mehrere Tage munter bleibt, ohne Koth oder Harn zu verlieren. Ein kürzeres oder längeres Wachen geht dagegen diesen Entleerungen immer voran.

Hatte ich ein Thermometer ungefähr 3 Centimeter tief in den Mastdarm eingeführt, so bedeckte sich häufig der Cylinder oder die Kugel mit reichlichen Excrementmassen. Dieses konnte sich Wochen lang hinter einander wiederholen, ohne dass das Thier in der Zwischen-

*) S. diese Zeitschrift Bd. I. S. 248.

zeit erwachte und Koth ausführte. Die Excremente bleiben daher oft die längste Zeit in dem unteren Theile des Mastdarmes, wenn die Erstarrung nicht aus einer anderen Ursache aufgehoben wird.

Die Blase scheint bisweilen nicht vollständig entleert zu werden. Sie kann vermuthlich ihren Füllungsrest behalten, wenn selbst das Thier noch eine Zeit lang nach dem Harnen wach bleibt. Die unter N°. 31 bis 33 in der vierten Tabelle verzeichneten Erfahrungen liefern einen ziemlich deutlichen Beleg für diese Vermuthung.

§. 8. Koth.

Die Fortdauer der Kothbereitung während des ganzen Winterschlafes und der früher geschilderte Zustand des Nahrungskanales der erstarrten Geschöpfe geben den klarsten Beweis, dass hier die Excremente nur aus Ausscheidungserzeugnissen der Körpermasse und nicht zugleich aus Nahrungsresten bestehen. Der Koth übernimmt in unserem Falle ausschliesslich eine ähnliche Rolle, wie der Harn. Beide führen die Umsatzerzeugnisse verbrauchter Körpertheile fort.

Ich erwähnte schon früher *) jene eigenthümliche Flüssigkeit, die man in dem Magen erstarrter Murmelthiere regelmässig antrifft. Neuere Erfahrungen belehrten mich, dass sie sich bis zum Ende des Winterschlafes erhalten kann, und nicht bloss in der ersten Hälfte desselben vorkommt. Das Murmelthier N°. 1 lieferte sie noch nach 159 und N°. 2 nach 165 tägiger Erstarrungszeit. Beide Thiere wurden getödtet, ehe sie zur Futtereinnahme erwacht waren. Ich vermisste dagegen die Flüssigkeit in N°. 3, weil das Thier im April gegessen hatte und wieder eingeschlafen war. Sie fehlte auch noch in solchen Fällen, wenn selbst keine Speisemassen im Magen gefunden wurden.

Ihre Menge betrug 2,4 Grm. in dem Thiere N°. 1, dessen Leichnam 670,1 Grm. wog. Das Ganze hatte eine grauweisse Farbe und ein trübes Aussehen, weil zahlreiche schleimichte Flocken beigemengt waren, reagirte stark sauer, zeigte keine Spur von Reduction der

*) S. diese Zeitschrift Bd. II. S. 2. 8.

Fehling'schen Kupferflüssigkeit und hinterliess nach dem Verdampfen 1,40 % festen Rückstandes, der die aufgelösten Stoffe und die mechanischen Beimischungen umfasste und zahlreiche spiessige Krystalle einschloss. Die Gemengtheile, die eine bräunliche Färbung dem Auge darboten, bestanden aus grossen Schleimflocken, in denen röthlich gelbe Körner ziemlich regelmässig vertheilt lagen. Behandelte man das Ganze mit Rohrzucker und Schwefelsäure, so lösste sich die farblose Grundmasse grösstentheils auf, während die Körner eine rothbraune bis purpurrothe Färbung annahmen. Die Prüfung der Mischung mit Salz- und Salpetersäure lieferte eine schwache Reaction von Gallenfarbestoff.

Die Magenflüssigkeit des Murmelthieres N°. 2, dessen todter Körper 737,1 Grm. wog, betrug 4,4 Grm. Sie war wiederum grauweiss, enthielt zahlreiche graue Flocken, reagirte sehr sauer, lieferte keine Zuckerreaction und gab 2,21 % festen Rückstandes. Zucker und Schwefelsäure färbten die in den Flocken eingelagerten Kerngebilde prachtvoll purpurroth; die gallertige Grundmasse dagegen bot diese Veränderung nicht dar. Sie löste sich leicht in Kali auf.

Der Mangel einer reducirenden Wirkung auf Kupferoxyd kehrt nicht in allen Fällen wieder. Wir werden in der Folge eine Magenflüssigkeit kennen lernen, welche die Fehling'sche Lösung bei dem vorsichtigen Erwärmen gelb niederschlug.

Die flockigen Beimischungen finden sich schon in der Magenflüssigkeit von Thieren, die 1 bis 2 Stunden vorher in der Mitte oder am Ende des Winterschlafes getödtet worden. Sie bilden daher kein Fäulnisserzeugniss. Das Ganze macht den Eindruck, als wenn ein Häutungs- und Auflösungsprocess der oberflächlichen Abschnitte der Magenschleimhaut während des Winterschlafes durchgriffe. Ob und wie viel die Gesammtmasse des Mageninhaltes zur Kothbildung beitrage, lässt sich vorläufig nicht entscheiden.

Wir sahen schon früher *), dass der sparsame Inhalt der dünnen und der reichlichere der dicken Gedärme, vorzüglich des Blinddarmes,

*) S. diese Zeitschrift Bd. II. S. 4, 5.

schleimichte Gebilde, mehr oder minder deutliche Reste aufgelöster Epithelien und Gallenmassen oder Umsatzproducte und Niederschläge derselben enthält. Untersuchte ich den schleimichten, zahlreiche Zellenfetzen einschliessenden Inhalt des Dünndarmes am Ende des Winterschlafes, so lieferte er keine deutliche oder höchstens zweifelhafte Merkmale von Gallenfarbestoff. Da aber dieser noch im Kothe vorkommen kann, so darf man keinen besonderen Werth auf solche negative, vielleicht nur von ungünstigen Nebenbedingungen herrührende Erfahrungen legen. Die schleimichten Massen wurden mit Kalilösung schön violett und lösten sich endlich in ihr grösstentheils auf.

Hat auch das Murmelthier mehr als 5 Monate keine Nahrung verzehrt, so führt doch in der Regel der Blinddarm oder der benachbarte Theil des Grimmdarmes verhältnissmässig grosse Mengen eines breiigten Inhaltes. Das Gewicht desselben pflegt beträchtlich höher als das der übrigen Inhaltskörper des Darmes auszufallen. Man hatte z. B.

Murmelthier.	Dauer des Fastens in Tagen.	Gewicht der Inhalts-Gebilde in Gramm.			
		Dünn-Darm.	Blind-Darm.	Grimm-Darm.	Mast-Darm.
N°. 1.	159	0,4	0,5	0,9	
N°. 2.	165	3,2	5,0	0,5	2,6

Die fortzubewegenden Massen scheinen sich hiernach längere Zeit in dem Blinddarme aufzuhalten und hier mit neuen Absonderungen vermischt zu werden. Diese Eigenthümlichkeiten, welche den Blinddarm vorzüglich der Pflanzenfresser unter gewöhnlichen Verhältnissen auszeichnen, erhalten sich vermuthlich auch während des Winterschlafes, in dem das Thier nur von seinem eigenen Körper zehrt und daher den Charakter eines Fleischfressers annimmt.

Der Dickdarminhalt des Murmelthieres N°. 1 hatte eine braungelbe Farbe, reagirte sauer und enthielt zahlreiche mikroskopische runde

bis länglich runde grüne Massen, von denen viele auffallend scharfe Begrenzungen darboten. Diese Gebilde, so wie die zwischen ihnen zerstreuten kleineren Körner wurden mit Zucker und Schwefelsäure prachtvoll purpurroth. Hatte man das Ganze mit Wasser verdünnt, so lieferte es deutliche Reactionen auf Gallenfarbestoff.

Die gleiche Masse des Thieres N°. 2 zeigte eine weissgrünliche Farbe, reagirte schwach auf Gallenfarbestoff und hinterlies 15,68 % festen Rückstandes.

Das Murmelthier N°. 3 starb 165 Tage nach dem Beginn des Winterschlafes. Es hatte einmal im Anfange des April Brod und Kohl gegessen. Der Magen enthielt eine saure schleimichte Masse, der zahlreiche braunrothe Aggregate beigemengt waren. Diese rührten wahrscheinlich von einem früheren Blutergusse her. Man erkannte noch rundliche, rothe Körperchen, deren Durchmesser denen der Blutkörperchen nahe standen. Viele Stellen der Magenschleimhaut erschienen schmutzig roth oder bläulich gefärbt.

Der Leichnam des Thieres wog 964,3 Grm., der eben erwähnte Inhalt des Magens 1,9 Grm., der der dünnen Gedärme 3,3 Grm., des Blinddarmes 4,9 Grm., des Grimmdarmes 1,8 Grm. und des Mastdarmes 0,5 Grm. Diese Werthe übertreffen nicht die Zahlen, die in den vollkommen fastenden Winterschläfern vorkommen.

Der schleimichte Inhalt des Blinddarmes gab hier keine deutlichen Merkmale von Gallenfarbestoff und reagirte nur schwach auf Zucker und Schwefelsäure. Sein fester Rückstand betrug 11,49 %, mithin etwas weniger, als N°. 2 geliefert hatte. Der tiefere Grimmdarminhalt hatte 26,10 %.

Ein Kothballen, der aus dem Mastdarme der Leiche von N°. 1 stammte, lieferte 37,56 % festen Rückstandes und 4,17 % Asche. Einer von N°. 3 gab in dieser Hinsicht 34,41 % und 6,45 %. Der Mastdarm von N°. 2 führte eine blassgrünliche breiigte, Gallenfarbestoff verrathende Masse, die nur 15,81 % fester Stoffe gab. Man sieht, dass die Verdichtung der Excrementalmassen bei dem weiteren Herabrücken nach dem Mastdarme im Winterschlafe eben so gut die Regel bildet, als im wachen Zustande.

Die Kothballen der erstarrten Murmelthiere werden meist in kurzer Zeit lufttrocken. Sammelt man sie auch noch an demselben Tage, an dem sie zum After ausgetreten sind, so bilden sie doch schon dann meistentheils dunkele grünschwarze Ballen, deren Gewicht im Wasserbade verhältnissmässig wenig abnimmt. Betrachten wir die in dieser Hinsicht in der ersten und der zweiten Tabelle verzeichneten Werthe, so finden wir, dass die Mengen der festen Rückstände der im Leben entleerten Kothmassen von N°. 1 zwischen 43,30 % und 87,40 % und die von N°. 2 zwischen 37,76 % und 83,52 % lagen. Man darf nach dem oben Angeführten vermuthen, dass alle 40 % übersteigenden Zahlen ihre hohen Werthe nur dem Austrockenen an der Luft zu danken hatten.

Der gegenwärtige Zustand der organischen Chemie gestattet keine genügende Zerlegung der Excremente und vorzüglich keine den Physiologen belehrende Verfolgung der in ihnen enthaltenen Umsatzproducte der Galle. Man muss sich daher vorläufig mit einzelnen Reagenzversuchen begnügen. Um nicht zu weitläufig zu werden, will ich nur einige der belehrenderen Beobachtungen anführen.

Das Filtrat der wässerigen Abkochung des Kothes, welches das unter N°. V in der ersten Abtheilung verzeichnete Murmelthier den 19. Februar entleert hatte, war weingelb und neutral. Es zeigte keine Spur von Kupferreduction der Fehling'schen Lösung, lieferte nichts Bemerkenswerthes nach einem Zusatze von Jodtinctur, Jodkalium oder Chromsäure, wurde durch viel Salpetersäure rothgelb, entfärbte sich vollständig durch Chlorwasser, änderte seine Farbe nicht wesentlich durch Salzsäure, selbst wenn man später Salpetersäure zusetzte, und wurde durch Kali oder Ammoniak weder entfärbt noch niedergeschlagen.

Kochte ich die in der zweiten Tabelle unter N°. 16 verzeichneten Excremente des Murmelthieres N°. 3 mit Aether, so nahm dieser eine gelbgrünliche Farbe an und hinterliess nach dem Verdunsten strahlig gestellte farblose Krystallnadeln (Margarin?) und grüngelbliche Körnchen und Tropfen. Das Aufgelöste betrug ungefähr 1,4 %.

Absoluter Weingeist, der mit dem in Aether unlöslichen Reste gekocht wurde, färbte sich dunkelweingelb. Das Filtrat änderte sich nicht sichtlich nach einem Zusatze von Salzsäure, wurde durch Salpetersäure theilweise zuerst violett und später blaugelb, mit Schwefelsäure röthlich bis bräunlichgelb und durch Schwefelsäure und Rohrzucker ebenfalls braungelb. Verdampfte man den Weingeistauszug; so erhielt man einen amorphen rothgelben Rückstand, der sich mit Zucker und Schwefelsäure zuerst schmutzig roth und später purpurroth färbte.

Zog ich das, was der Aether und der Weingeist übrig gelassen, mit Wasser, und zwar zuerst 24 Stunden kalt und später kochend aus, so erhielt ich ein braungelbes Filtrat, das Lackmus spurweise röthete. Salzsäure änderte die Farbe desselben nicht in merklicher Weise. Wurde die Flüssigkeit mit Salpertersäure gekocht, so entwickelten sich reichliche Mengen von salpetriger Säure und das Ganze bot später eine grünliche Färbung dar. Schwefelsäure machte die Wasserabkochung dunkler und Essigsäure rothgelb. Die essigsaure Lösung wurde dunkler nach einem Zusatze einer verdünnten und daher ziemlich hellgelben Lösung von Eisenchlorid. Salpetersäure und salpetersaures Silberoxyd erzeugten fast gar keinen Niederschlag, Eisenkaliumcyanür keine blaue Fällung, Rhodankalium eine kaum merkliche Röthung, Salzsäure und Chlorbaryum keinen Niederschlag und kaustisches und kleesaueres Ammoniak keine Trübung.

Ich zog endlich noch die ausnahmsweise braunen und eigenthümlich faulig riechenden Excremente N°. 14 der zweiten Tabelle, nachdem sie getrocknet waren, mit Wasser aus. Das weinrothe neutrale Filtrat änderte sich nicht bei dem Kochen oder nach einem Zusatze von Salpeter- oder Schwefelsäure. Käufliche Salzsäure machte es etwas dunkler und kaustischer Salmiakgeist hellgelb. Salpetersäure und salpetersaures Silberoyd färbten das Ganze hellroth, erzeugten aber keinen Niederschlag. Chlorkalium allein gab eine Trübung, die sich aber nach einem Zusatz von Salzsäure auflöste. Eisenkaliumcyanür lieferte kein Berlinerblau.

Versuchs-Nummer.	Zwis	e, einem Kilogramm Körpergewicht chende Menge in Gramm.		Nebenbemerkungen.
	Daten.	Asche.	Einzelne Bestandtheile.	
1	Vom 7. Noven zum 2. Dec	»	»	Von vorn herein luft-trocken.
2	Vom 2. bis December.	»	»	Desgl.
3	Vom 24. Decer zum 15. Ja	»	»	Desgl.
4	Vom 15. Jan zum 2. Feb	»	»	Desgl.
5	Vom 2. Febr zum 11. Mä	0,0009	Ungefähr 0,0004 Gramm basisch phosphorsaure Kalkerde.	Trockener Kothballen, der am After hing.
6	Vom 11. März 10. April.	»	»	Der feste Rückstand enthielt nach Voelkel 6,54% Stickstoff.
7	Vom 10. bis April.	0,007	»	Nach dem Tode des Thieres im Mastdarm vorgefunden.

Versuchs-Nummer.		e tägliche, einem Kilogramm Körpergewicht entsprechende Menge in Gramm.			Nebenbemerkungen.
		Fester Rückstand.	Asche.	Einzelne Bestandtheile.	
8	Vom N	0,005	„	„	Theils lufttrocken, theils weicher.
9	Vom zu	„	„	„	Lufttrocken.
10	Vom zu	„	„	„	Desgl.
11	Vom zu	0,012	0,002	0,0011 Grm. basisch phosphorsaure Kalkerde.	Desgl.
12	Vom zu	0,044	0,004	„	Desgl.
13	Vom zu	0,011	0,002	0,0009 Grm. in Wasser und 0,002 Grm. in verdünnter Salzsäure lösliche Bestandtheile.	Desgl.
14	Vom zu	0,029	0,006	0,0008 Grm. in Wasser und 0,005 Grm. in verdünnter Salzsäure lösliche Bestandtheile. Mehr als 0,004 Grm. basisch phosphorsaure Kalkerde.	Theils breiig, theils lufttrocken. Eine Partie des Kothes braun gefärbt und sehr übelriechend.
15	Vom 3.	0,009	„	„	Der feste Rückstand enthielt nach Voelkel C = 50,10%. H = 8,33%.
16	Vom A	„	„	„	„
17	Vom A	„	„	„	„
18	Vom M de	0,011	0,002	„	Im Mastdarm gefunden.

Herr Prof. Voelkel in Solothurn hatte die Güte, zwei Kothproben der Elementaranalyse zu unterwerfen.

1. Die unter N°. 6 verzeichneten Excremente des Murmelthieres N°. 1, deren Gesammtmenge 0,211 Grm. im lufttrockenen Zustande betrug, gaben 52,13 % festen Rückstandes. 0,075 Grm. trockener Masse führten zu 0,096 Grm. Platinsalmiak nach dem Verbrennen mit Natronkalk. Man hatte daher 6,54 % Stickstoff.
2. Der unter N°. 15 verzeichnete Koth des Thieres N°. 3 enthielt 80,39 % fester Substanz. 0,184 Grm. der letzteren lieferten 0,388 Grm. Kohlensäure und 0,138 Grm. Wasser. Dieses entspricht 50,10 % Kohlenstoff und 8,33 % Wasserstoff.

Die beiden ersten, diesem Aufsatze beigegebenen Tabellen enthalten die Grundwerthe der hierher gehörenden quantitativen Bestimmungen, die ich einen ganzen Winter hindurch möglichst vollständig durchzuführen suchte. Ich leitete dabei die den Einheitsberechnungen entsprechenden Körpergewichte aus einer grösseren Reihe von Wägungen her, welche die sechste Abtheilung dieser Untersuchungen enthalten wird.

Eine einmalige Kothentleerung führt meist nur kleine Gewichtsmengen aus. N°. VI der ersten Abtheilung giebt in dieser Hinsicht 1,87 Grm. bis 2,6 Grm., N°. VII. 0,5 Grm., N° 1. 0,211 Grm. bis 0,615 Grm. und Nr. 3. 0,2 Grm. bis 1,393 Grm. Nimmt man den Durchschnittswerth für den ganzen Winterschlaf, so hat N°. 1. 0,384 Grm. und N°. 3. 0,546 Grm. als Mittelgrösse einer Kothentleerung. Der feuchtere Zustand der ganz frischen Excremente kann übrigens diese Werthe verdoppeln.

Berechnet man die auf ein Kilogramm Körpergewicht und einen Tag kommenden Mengen, so findet man 0,010 Grm. bis 0,033 Grm. Kothes für N°. 1 und 0,012 Grm. bis 0,058 Grm. für N°. 3. Die dritte und die vierte Tabelle lehren, dass die gleichzeitig ausgesonderten und auf dieselben Gewichts- und Zeiteinheiten bezogenen Quantitäten beträchtlich grösser für den Harn, als für den Koth ausfallen, vorausgesetzt, dass wir die schon berührte unvollkommene, unter N°. 32 verzeichnete Harnentleerung bei Seite lassen. Nehmen wir das

der ganzen Erstarrungsdauer entsprechende Gesammtmittel, so haben wir:

Murmelthier.	Dauer des Winterschlafes in Tagen.	Mittlere auf ein Kilogramm Körpergewicht und einen Tag der ganzen Erstarrungzeit kommende Menge in Gramm.		
		Koth.	Harn.	Verhältniss des Kothes zum Harn
N°. 1.	159	0,041 (0,020)	1,149 (0,651)	1 : 28,0 (1 : 32,6)
N°. 3.	165	0,028 (0,0276)	1,704 (1,629)	1 : 60,9 (1 : 58,2)

Die in Parenthese eingeschlossenen Zahlen beziehen sich hier auf die Durchschnittsgrössen der von den lebenden Thieren gelieferten Entleerungen. Die anderen Werthe umfassen zugleich die Koth- und die Harnmengen, die sich in dem Mastdarm und der Blase der Leichname vorfanden. Sie sind die richtigeren, weil es sich vor allem um die Frage handelt, wie viel im Durchschnitt Koth und Harn während der ganzen Erstarrungszeit für jeden Tag bereitet werden. Ein fest schlafendes Murmelthier (N°. 1.) würde hiernach im Mittel 28 Mal so viel Urin, als Koth liefern. Ein anderes dagegen (N°. 3.), dessen Ruhe häufiger unterbrochen ward, gäbe das 61fache. Das häufigere und längere Wachen vergrössert hiernach die verhältnissmässige Harnmenge.

Die Werthe der Aschenprocente des Kothes schwanken natürlich nicht bloss mit der ursprünglichen Beschaffenheit, sondern auch mit dem mehr oder minder lufttrockenen Zustande, in dem die Excremente zur Untersuchung genommen werden. Die feuerfesten Stoffe betrugen 4,17 % bis 9,00 % in N°. 1 und 6,45 % bis 15,80 % in N°. 3. Wir werden aber eine im Ganzen richtigere Uebersicht erhalten, wenn wir nachrechnen, wie viel Procente die Asche von dem festen Rückstande ausmachte. Die Einflüsse, welche der ursprüngliche Feuchtigkeitsgrad ausübte, sind bei diesem Vergleiche beseitigt. Wir haben alsdann:

Murmelthier.	Nummer des Versuches.	Asche in Procenten des festen Rückstandes.
N°. 1.	Tab. I. N°. 5.	10,3.
N°. 1.	Tab. I. N°. 7.	11,1.
N°. 3.	Tab. II. N°. 11.	14,9.
N°. 3.	Tab. II. N°. 12.	8,1.
N°. 3.	Tab. II. N°. 13.	19,8.
N°. 3.	Tab. II. N°. 14.	20,3.
N°. 3.	Tab. II. N°. 18.	19,0.

Diese Unterschiede scheinen nicht bloss von der Ruhe oder Unruhe des Thieres, sondern auch von anderen Ursachen abzuhängen. Wir dürfen übrigens nicht vergessen, dass die Asche Kohlensäure führt, die erst bei dem Verbrennen aus organischen Stoffen erzeugt worden.

Sie hat eine grauweisse oder schwach röthliche Farbe und besteht immer aus einem geringeren in Wasser und einem grösseren in verdünnter Salzsäure löslichen Theile. Jener enthält Chloralkalien und schwefelsaure Alkalien, dieser dagegen kohlensaure und phosphorsaure Kalk- und Talkerde, Eisen, wahrscheinlich auch Mangan und bisweilen Spuren von Kieselsäure, die vermuthlich grösstentheils von den dem Kothe nicht selten anhaftenden Bruchstücken von Haaren der Aftergegend herrühren.

Die 9,0% Asche, welche der unter N°. 5 der ersten Tabelle verzeichnete Koth des Murmelthieres N°. 1 lieferte, gab 2,48% in Wasser und 7,52% in verdünnter Salzsäure löslicher Verbindungen. Die wässerige Lösung zeigte eine nur mässige Trübung mit Salpetersäure und salpetersaurem Silberoxyd, einen nicht unbedeutenden Niederschlag mit Salzsäure und Chlorbaryum, keine merkliche Reaction mit kohlensaurem oder kleesaurem Ammoniak und einen geringen Niederschlag mit Salzsäure und Platinchlorid.

Die in Wasser unlöslichen Bestandtheile lösten sich unvollständig und unter lebhaftem Aufbrausen in concentrirter und vollständig in verdünnter Salzsäure, die sich dann schwach röthlich färbte. Die Flüs-

sigkeit reagirte nicht auf Schwefelsäure, wohl aber auf Phosphorsäure, Kalk und Eisen.

Die 15,8 % Asche von N°. 13 der zweiten Tabelle traten nur 0,65 % an Wasser ab. Die wässerige Lösung reagirte bloss spurweise auf Chlor. Phosphorsäure, Kalk und Eisen liessen sich wieder in der salzsauren Lösung erkennen.

Die 12,5 % Asche des unter N°. 11 der zweiten Tabelle verzeichneten Kothes des Murmelthieres N°. 3 gab 1,65 % an Wasser und der Rest von 10,85 % an verdünnte Salzsäure, die wiederum viele Kohlensäure austrieb. Der Wasserauszug lieferte keine Chlorreaction, verrieth dagegen deutlich seinen Gehalt an Schwefelsäure. Eisen liess sich weder mit Blutlaugensalz, noch mit Rhodankalium nachweisen. Die Prüfung der salzsauren Lösung zeigte 7,7 % basisch phosphorsaure Kalkerde, ferner Talkerde und Eisen.

Die 9,99 % Asche, welche die unter N°. 14 angeführten Excremente lieferten, enthielten 0,54 % in Wasser und 9,45 % in verdünnter Salzsäure lösliche Verbindungen. Die wässrige Lösung gab kaum eine Spur von Chlorreaction und verrieth einen reichlichen Schwefelsäuregehalt, dagegen kein Eisen. Die Salzsäure trieb wieder Kohlensäure aus. Die salzsaure Lösung erzeugte keine deutliche Fällung mit Chlorbaryum, verrieth dagegen starke Reactionen auf Kalk und Eisen.

Man sieht aus dem eben Mitgetheilten, dass die Excremente der erstarrten Murmelthiere umgesetzte Gallenstoffe und in der Regel auch Gallenfarbestoff (Cholepyrrhin) in nicht unbedeutender Menge, wahrscheinlich neben Ableitungserzeugnissen von Eiweisskörpern enthalten. Während schwefelsauere Alkalien in mässiger und basisch phosphorsaure Kalkerde in reichlicherer Menge mit dem Kothe austreten, muss die Armuth an Chlor in hohem Grade auffallen. Die Excremente enthalten immer noch etwas Talk und in der Regel verhältnissmässig mehr Eisen, als die Harnasche.

§. 9. Harn.

Der Urin der winterschlafenden Murmelthiere besitzt nicht immer die gleiche Farbe. Mehr oder minder braungelb, hat er häufig, und zwar

Versuchs-Nr.	Zwischenzeit. Daten.	Tage.	Mittleres Körpergewicht in Gramm.	Menge in Gramm für ein Kilogramm Körpergewicht. Harnstoff	Gelöste Phosph.-Säure.	Schwefel-Säure.	Kochsalz.	Nebenbemerkungen.
19	Vom 7. November bis 2. December.	25	915,6	„	„	„	„	
20	V. 2. bis zum 24. Decembr.	22	857,1	0,052	0,003	„	weniger als 0,003	Deutlich. Moschusgeruch des Harns.
21	V. 24. Decbr bis zum 15. Januar.	22	815,9	0,038	0,002	„	weniger als 0,001	
22	V. 15. Januar bis zum 2. Februar.	18	784,7	0,035	0,002	„	weniger als 0,001	
23	V. 2. Februar bis zum 11. März.	37	757,1	0,049	0,0014	„	weniger als 0,0009	Die mechanischen Gemengtheile fast nur Krystalle v. Tripelphosphat
24	V. 11. März bis zum 10. April.	30	716,1	0,039	0,002	„	„	Eigenthümlicher, nicht aber moschusartiger Geruch.
25	V. 10. bis zum 15. April.	5	686,1	0,163	0,008	0,041	weniger als 0,010	In der Harnblase d. Thieres gefunden. Tödtung d. den Genickstich, einen Tag nach der doppelten Vagustrennung.

es Nr. 3.

Mittlere tägliche Menge in Gramm für ein Kilogramm Körpergewicht.							Nebenbemerkungen.
Kochsalz.	Gesammter Harn.	Asche.	Harnstoff	Gelöste Phosph.-Säure.	Schwefel-Säure.	Kochsalz.	
weniger als 0,14	1,098	„	0,054	0,002	„	weniger als 0,0015	Keine Reduction der Fehling'schen Lösung.
„	0,988	„	„	„	„	„	„
weniger als 0,30	0,809	„	0,059	0,005	„	weniger als 0,002	„
weniger als 0,15	1,018	0,010	0,064	0,005	0,004	weniger als 0,0015	Die Asche ohne deutliche Eisenreaction.
weniger als 0,05	1,604	„	0,094	0,004	0,005	weniger als 0,0008	Die mechan. Gemengtheile Tripelphophat und rothe Körnchen.
weniger als 0,24	0,562	„	0,030	0,003	0,006	weniger als 0,0014	Sehr wenige Krystalle v. Tripelphosphat und körnige Massen.
„	0,063 } 1,554	„	0,005 } 0,095	„	„	„	„
weniger als 0,22	3,266 }	0,024 (0,012)	0,205 }	0,009 (0,005)	0,019 (0,010)	weniger als 0,007 (0,004)	„
„	1,536	„	0,092	0,005	0,007	„	„
weniger als 0,19	2,658	„	0,141	0,029	0,014	weniger als 0,005	Hat in der Zwischenzeit gegessen.
0,11	4,162	„	0,144	0,025	0,034	0,005	Vor dem Tode gelassener Harn.
„	2,520	„	0,083	0,005	0,025	„	In der Harnblase des todten Thieres gefunden.

besonders in den ersten zwei Drittheilen des Winterschlafes, einen Stich in's Grüne, den man am leichtesten bei auffallendem und bisweilen selbst bei durchfallendem Lichte bemerkt. Ich fand ihn gegen das Frühjahr beträchtlich durchsichtiger, heller und gelber, als früher. Er besitzt oft einen eigenthümlichen und bisweilen einen moschusartigen Geruch.

Die dritte und die vierte, dieser Arbeit beigegebene Tabelle enthalten die vorzüglichsten Ergebnisse der Harnuntersuchungen, die ich während der ganzen Dauer des Winterschlafes der Murmelthiere N°. 1 und N°. 3 anstellte. Jedes von ihnen lag in einer Blechbüchse auf einem Drahtgestelle, unter welchem das oben mit Filtrirpapier geschlossene Auffanggefäss angebracht war. Man verlor zwar hierdurch den Harn, der zur Durchtränkung des Papieres diente, hatte aber den Vortheil, dass das Durchgegangene von dem Kothe geschieden blieb. Es ereignete sich nicht selten, dass der angesammelte Urin trüb war. Er wurde später, wenn es nöthwendig schien, vor der chemischen Untersuchung durch feineres Papier filtrirt.

Hatte ich eine hinreichende Harnmenge zur Verfügung, so bestimmte ich die Eigenschwere in einem mit sehr enger Halsöffnung versehenen Ballon, der 11,782 Grm. destillirten Wassers von 15° C. fasste. Konnte ich nur kleinere Flüssigkeitsmassen zur Untersuchung nehmen, so bediente ich mich eines graduirten Fläschchens und arbeitete hier mit Urinmengen, die 3,194 Grm. Wasser entsprachen. Das erste Verfahren verbürgte noch die dritte Decimalstelle, während diese bei dem zweiten unsicher blieb.

Ich habe den festen Rückstand und die Asche des Harnes nur selten bestimmt, dagegen dem Harnstoff, der Phosphorsäure und, wo es ging, der Schwefelsäure eine besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Der Harnstoff wurde mit salpetersaurem Quecksilberoxyd nach den bekannten Regeln titrirt und eben so die Phosphorsäure auf dem Wege der Maassanalyse durch Eisenchlorid ermittelt. Ich zog dagegen das ältere Gewichtsverfahren der Sicherheit wegen für die Erforschung der Mengen der Schwefelsäure vor. Der seinem Gewichte nach bekannte und mit Salzsäure versetzte Harn wurde gekocht und warm mit einer überschüssigen Menge von Chlorbaryumlösung gemischt, der auf dem Filtrum gesammelte Baryt geglüht,

mit wenig Schwefelsäure befeuchtet, getrocknet und zum zweiten Male geglüht, so dass ich dann die Schwefelsäure aus dem Gewichte des schwefelsauren Baryts berechnete. Ich benutzte endlich eine titrirte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd für die Chlorbestimmung.

Die Harnmengen, die in dem Filtrirpapier blieben und das, was durch Verdunstung in der Zeit zwischen der Harnentleerung und der Urinwägung verloren ging, erzeugten natürlich eine gewisse Grösse unvermeidlicher Beobachtungsfehler. Der Harnstoff fiel ebenfalls meist etwas zu klein aus. Kann man den Urin ganz frisch untersuchen, so pflegt er keine Krystalle von Tripelphosphat zu enthalten. Hat er dagegen einen Tag gestanden, so treten diese häufig in grösserer oder geringerer Menge auf, weil sich indess ein Theil des Harnstoffes in kohlensaueres Ammoniak verwandelt hat. Greift der letztere Umsatz in grösserem Maasstabe durch, so wird bekanntlich der saure Harn alkalisch. Nicht bloss die äussere Wärme, sondern auch die Beschaffenheit des Harnes übt hier einen sichtlichen Einfluss aus. Urin vom Murmelthier N°. 3, der 10 Tage lang Ende November bis Anfang December bei + 2° bis 3° C. gestanden hatte, reagirte immer noch stark sauer. Es fand sich dagegen in anderen Fällen, und vorzüglich gegen den Schluss des Winterschlafes, dass der Harn schon wenige Stunden nach seinem Austritte zahlreiche Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia enthielt und reichliche Salmiakdämpfe in der Nähe eines mit Salzsäure befeuchteten Glasstabes entwickelte. Beide Merkmale können übrigens schon bei stark saurer Reaction des Murmelthierharnes auftreten. Da sich das Tripelphosphat in Milchsäure löst, so scheint jene Thatsache anzudeuten, dass die saure Harnreaction von dieser Säure nicht herrührt.

Man sollte auf den ersten Blick glauben, dass sich der Urin der erstarrten Murmelthiere durch eine besonders hohe Eigenschwere, eine starke Concentration, einen beträchtlichen Harnstoff-, Phosphorsäure- oder Schwefelsäuregehalt auszeichnet. Die Erfahrung widerlegt diese Vermuthung. Die Zahlen, zu denen man hier gelangt, finden sich so ziemlich als gewöhnliche Werthe anderer Pflanzenfresser z. B. des Kaninchens wieder.

Die Eigenschwere des Harnes von Murmelthier N°. 1 lag zwischen 1,020 und 1,031. Das Mittel betrug 1,027. N°. 3 hatte in dieser Hinsicht 1,021 bis 1,039 und im Durchschnitt 1,031. Das fester schlafende Murmelthier entleerte daher im Allgemeinen einen Urin von geringerer Eigenschwere, als das andere.

Der ganz frische Harn reagirt, so viel ich sah, immer sauer während des Winterschlafes. Die dritte Tabelle (N°. 19 bis 25) bietet in dieser Hinsicht keine Ausnahme dar und die vierte (N°. 26 bis 37) hat nur drei Fälle von alkalischer Beschaffenheit, die aber wahrscheinlich ursprünglich von der Hauptregel nicht abwichen. N°. 34 wurde erst am Folgetage nach der Entleerung untersucht. Das Thier hatte bei N°. 35 Brod und Kohl in der Zwischenzeit gegessen. N°. 36 lieferte ein Beispiel rascher Zersetzung. Das Murmelthier hatte diesen Harn, der einige Stunden später stark alkalisch reagirte, vor dem Tode gelassen. Der in der Harnblase der Leiche vorgefundene Urin besass eine saure Beschaffenheit.

Stellen wir die Eigenschweren und die Procente des festen Rückstandes, die theils von Voelkel, theils von mir bestimmt worden, übersichtlich zusammen, so haben wir:

Murmelthier.	Nummer des Versuches.	Harn.		
		Eigenschwere.	Procente des festen Rückstandes.	Beobachter.
N°. 1.	Tab. III. N°. 24.	1,029	7,59	Voelkel.
N°. 2.	„ „ „ „	„	8,05	Ich.
N°. 3.	Tab. IV. N°. 33.	1,033	7,66	Voelkel.
N°. 3.	Tab. IV. N°. 36.	1,021	5,75	Ich.
N°. 3.	Tab. IV. N°. 37.	1,022	5,86	

Die an N°. 3 gewonnenen Erfahrungen geben hiernach im Durchschnitt 6,5% festen Rückstandes bei 1,025 specifischem Gewicht. Wir werden übrigens sehen, dass N°. 36 u. 37 auffallend wenig Harnstoff enthielten und von den übrigen Urinen des Winterschlafes wesentlich abwichen.

Die braungelbe nach dem Verdunsten übrig bleibende Masse enthält bisweilen Krystalle von Tripelphosphat und sehr schöne Büschel vierseitiger Harnstoffsäulen mit schief angesetzten Endflächen. Kleinere in der übrigen braungelben amorphen Substanz versteckte Krystalle verrathen sich durch die Farben, die sie unter dem Polarisationsapparate darbieten.

Filtrirt man den Harn nicht zu lange nach seiner Entleerung, so betragen die mechanischen Gemengtheile, die vorzugsweise aus Tripelphosphatkrystallen, bisweilen auch zum Theil aus Absätzen von Harnsäure und kleinen unbestimmbaren Körnern bestehen, verhältnissmässig geringe Mengen. N°. 23 der dritten Tabelle (Murmelthier N°. 1) gab in dieser Hinsicht 0,10%, N°. 30 der vierten (Murmelthier N°. 3) 0,08%, N°. 31 0,07% und N°. 34 0,27%.

Die Asche gleicht $^3/_4$ bis 1% des frischen Harnes. N°. 33 lieferte 0,75%, N°. 24 0,81%, N°. 23 0,83% und N°. 29 1,01%.

Ich habe bisweilen Doppelbestimmungen des Harnstoffes zu meiner eigenen Controle angestellt. Sie wichen um 0,25% in N°. 20, um 0,12% in N°. 21, um 0,36% in N°. 28 ab. N°. 36 und N°. 37, die wesentlich dem gleichen Harne anzugehören schienen, stimmten bis auf 0,13%. Ich gebrauchte hier, wie in den übrigen Titrirungen Buretten, die $^1/_{10}$ Kubikcentimeter unmittelbar angaben und noch $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ dieser Werthe abschätzen liessen.

Die Harnstoffprocente des Murmelthieres N°. 1 lagen zwischen 3,32 und 6,17%. Lässt man die ausnahmsweisen Verhältnisse von N°. 36 und 37 unbeachtet, so hielt sich der Harnstoff von N°. 3 zwischen 4,95 und 7,70%. Der unruhigere Schlaf führte daher im Allgemeinen zu höheren Harnstoffprocenten, als der ruhigere. Dieser Satz gilt jedoch nur für den Gesammtvergleich für N°. 1 und N°. 3. Es lässt sich nicht für jeden einzelnen Zeitabschnitt des Winterschlafes eines Thieres mit Sicherheit darlegen.

Man wird sich vergeblich bemühen, eine bestimmte Beziehung der Eigenschwere des menschlichen Harnes zu dem Harnstoffgehalte desselben nachzuweisen, weil das specifische Gewicht noch von anderen Urinbestandtheilen abhängt. Dieser Satz bestätigt sich auch für

unsere Murmelthiere. Hält man sich nur an die allgemeinen Umrisse, so kann man sagen, dass hohe Harnstoffprocente sehr niedere Eigenschweren ausschliessen. Das Umgekehrte ist aber nicht immer richtig. Ein specifisch schwerer Harn kann weniger Harnstoff, als ein leichterer führen.

Die erstarrten Murmelthiere lieferten in dieser Hinsicht:

Eigenschwere des Urins.	Procentgehalt an Harnstoff.	
	Murmelthier	
	No. 1.	No. 3.
1,020	3,38	»
1,021	»	3,33
1,022	»	3,46
1,026	»	4,95
1,027	3,94	»
1,028	5,88	»
1,029	6,04	»
1,029	5,74	»
1,030	6,02	»
1,031	»	5,24
1,032	»	7,70
1,033	»	5,88
1,034	»	6,30
1,034	»	6,02
1,037	»	7,34
1,039	»	5,32

Setzt man einen Tropfen Salzsäure zu dem festen Rückstande des Murmelthierharnes, so erhält man bisweilen schöne Wetzstein-

krystalle von Harnsäure. Ich habe aber diesen Bestandtheil des Urins quantitativ nicht bestimmt, weil bis jetzt kein hinreichend genügendes Verfahren zu Gebote steht.

Die in den Tabellen verzeichneten Werthe der Phosphorsäure schliessen natürlich nicht die Mengen in sich, welche in dem niedergeschlagenen und durch Filtriren getrennten Tripelphosphat (N°. 23, 30, 31, 34) enthalten waren. Ich suchte die gelöste Säure so genau als möglich mit der titrirten Eisenchloridlösung zu ermitteln, setzte daher von dieser immer nur kleine Mengen zu und prüfte häufig einen mit Eisenkaliumcyanür durchtränkten Streifen feinen Filtrirpapiers mit einem mit der gefällten Urinflüssigkeit durchzogenen Papierfläche. Die Doppelbestimmung in N°. 31 der vierten Tabelle gab daher nur einen Unterschied von 0,08%, und die von N°. 36 sogar nur einen solchen von 0,006%.

Die gelöste Phosphorsäure des Urins von N°. 1 schwankte zwischen 0,17% und 0,39% und die von N°. 3 zwischen 0,15% und 0,60%. Das grössere unruhiger schlafende Thier hatte meist höhere Procentwerthe der Phosphorsäure. Sie änderten sich übrigens in einer von dem Harnstoffgehalte unabhängigen Weise.

N°. 36 und N°. 37 der vierten Tabelle können deutlich zeigen, wie sehr bisweilen der Gehalt an Phosphorsäure unter den scheinbar gleichartigsten Nebenverhältnissen wechselt. N°. 36 war der Harn, den das Murmelthier N°. 3 kurz vor dem Tode gelassen, und N°. 37 der, der sich in der Harnblase des Leichnames vorgefunden hatte. Beide wurden frisch untersucht. N°. 37, der noch sauer war, gab dabei nur 0,18% und N°. 36, der alkalisch geworden und daher schon eine gewisse Menge von Harnstoff durch Zersetzung verloren hatte, 0,59%. Der Grund dieses Unterschiedes ist mir unbekannt geblieben. Doppelanalysen bekräftigten, dass kein Analysenfehler vorgekommen.

Ich habe den Schwefelsäuregehalt des Harnes von N°. 1 nur ein Mal (N°. 25) verfolgt und erhielt hier 0,98%. Die Werthe von N°. 3 lagen zwischen 0,34% und 1,02%, wobei die höheren jedenfalls die sicheren sind. Die Variationen des Schwefelsäuregehaltes gehen denen der Phosphorsäure nicht parallel.

Wir sahen schon in dem vorigen Paragraphen, dass der Koth nur geringe Mengen von Chlorverbindungen, also auch von Kochsalz führt. Die gleiche Eigenthümlichkeit kehrt für den Harn wieder. Hatte ich diesen mit destillirtem Wasser und Salpetersäure und hierauf mit einer titrirten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd versetzt, so war die Grenze der Reactionsfähigkeit bald überschritten. Die entsprechenden Werthe sind in der dritten und vierten Tabelle ausführlich angegeben. Der Harn des Murmelthiers N°. 1 führte keinenfalls mehr als 0,34% und der von N°. 3 weniger als 0,3% Kochsalz. Diese Zahlen bilden schon unzweifelhafte Ueberschussgrössen. Man sah überdies nicht selten, dass nicht bloss Hornsilber, sondern auch organische Verbindungen nach dem Zusatze des salpetersauren Silberoxydes niedergefallen waren.

Es ist mir in keinem Falle vorgekommen, dass der Harn der erstarrten Murmelthiere eine Eiweissfällung bei dem Kochen geliefert hätte. Die Fehling'sche Lösung wurde ebenfalls nicht reducirt. Nur der in der Harnblase des unter N°. 2 erwähnten Murmelthieres gefundene Urin schlug bei dem Erwärmen Kupferoxydul nieder. Der hellgelbe unter N°. 36 verzeichnete Harn wurde bei dem Stehen an der Luft dunkeler. Gallenfarbestoff liess sich nur selten in dem Murmelthierurine nachweissen.

Die Asche führte immer merkliche Mengen von Kalk- und wahrscheinlich von Talkerde. Der Kalk betrug z. B. ungefähr 0,13% des unter N°. 30 angeführten Harnes. Ich konnte nie eine Eisenreaction in dem frischen Urine nachweisen. Die Asche von N°. 30 lieferte sie, ich mochte Eisenkaliumcyanür oder Rhodankalium anwenden. Der Versuch misslang dagegen an der Asche von N°. 29. Ist auch Eisen da, so scheint es in geringerer Menge, als im Kothe vorzukommen.

Herr Voelkel hat zwei Urinproben der erstarrten Murmelthiere elementaranalytisch untersucht.

Der unter N°. 24 der dritten Tabelle verzeichnete Urin des Murmelthieres N°. 1 gab 7,59% festen Rückstandes.

0,194 Grm. des letzteren lieferten bei dem Verbrennen 0,172 Grm. Kohlensäure und 0,105 Grm. Wasser.

0,200 Grm. hinterliessen nach dem Glühen 0,082 Grm. Asche. Man hat daher in 100 Theilen festen Rückstandes:

Kohlenstoff	25,16,
Wasserstoff	6,01,
Stickstoff und Sauerstoff	58,17,
Asche	10,66,
	100,00.

Führt man die 10,66% Asche auf Verhältnissmengen des frischen Harnes zurück, so findet man 0,81%.

Der unter N°. 33 der vierten Tabelle angeführte Harn des Murmelthieres N°. 3 hinterliess nach dem Verdampfen 7,88% festen Rückstandes.

0,184 Grm. von diesem erzeugten bei dem Verbrennen 0,164 Grm. Kohlensäure und 0,102 Grm. Wassers.

0,251 Grm. der nach dem Verdampfen übrig gebliebenen Masse gaben 0,024 Grm. Asche.

100 Theile festen Rückstandes enthielten daher:

Kohlenstoff	24,30,
Wasserstoff	6,15,
Stickstoff und Sauerstoff	59,99,
Asche	9,56,
	100,00.

Bezieht man den Aschengehalt auf den frischen Harn, so bekommt man 0,75%.

Gehen wir zu den absoluten Mengen über, so bietet die kleinste auf einmal entfernte Harnmasse kein besonderes Interesse dar, weil unvollständige Blasenentleerungen möglich sind (N°. 34). Die Maxima dagegen bezeugen, wie viel jedenfalls die Harnblase fassen kann. Das Murmelthier N°. 1, dessen gleichzeitiges Körpergewicht 0,76 Kilogr. betrug, lieferte in dieser Hinsicht 23,0 Grm. (N°. 23 der dritten Tabelle) und N°. 3 hatte 49,4 Grm. bei 1,6 Kilogr. (N°. 27 der vierten Tabelle), 41,8 Grm. bei 1,4 Kilogr. (N°. 30) und 41,4 Grm. bei 1,0 Kilogr. Körperschwere (N°. 36).

Die mittleren täglichen auf ein Kilogramm bezogenen Harnmengen, die der erstarrte Winterschläfer entleerte, lagen zwischen 0,595 Grm. und 1,137 Grm. für N°. 1 und 0,562 Grm. und 1,604 Grm. für N°. 3. Ich habe hierbei den in der Harnblase des Thieres N°. 1 gefundenen Urin (N°. 25), der die beträchtliche Grösse von 4,139 Grm. liefern würde, nicht beachtet, weil er durch eine vorhergehende unvollkommene Harnentleerung bedingt sein konnte und überdies das Thier einen Tag nach der doppelten Vagustrennung getödtet worden. Ich liess auch N°. 32 und N°. 33 der vierten Tabelle im Einzelnen unberücksichtigt, indem offenbar N°. 32 den Ausdruck einer unvollkommenen Harnentleerung bildet. Nimmt man beide zusammen, so erhält man den wahrscheinlich richtigsten täglichen Mittelwerth von 1,566 Grm.

Diese Harngrösse stieg auf 2,658 Grm., nachdem das Murmelthier N°. 3 in der Zwischenzeit gegessen hatte (N°. 35). Die unmittelbar vorhergehende Beobachtungsperiode gab nur 1,565 Grm. Die jedenfalls nicht bedeutende Nahrungseinnahme erhöhte daher die durchschnittliche Harnmenge um mehr als die Hälfte.

Betrachten wir noch die Urinquantitäten, die in N°. 36 und 37 verzeichnet sind, so kehrt das Gleiche wie in N°. 25 wieder. Wir haben wieder die hohen Werthe 4,162 Grm. und 2,520 Grm. für ein Kilogramm und einen Tag. Die letzte Lebenszeit lieferte eine reichlichere Harnabsonderung.

Ein Kilogramm des Murmelthiers N°. 1 verlor im täglichen Durchschnitt 0,052. Grm. (N°. 24) fester Stoffe durch seine Urinbereitung. Das Thier N°. 3 hat in dieser Hinsicht 0,268 Grm. für N°. 33 oder wahrscheinlich richtiger 0,123 Grm. für N°. 32 und N°. 33 zusammengenommen, 0,239 Grm. für N°. 36 und 0,148 Grm. für N°. 37.

Die auf die gleichen Einheiten bezogenen Aschenmengen waren 0,007 Grm. in N°. 23, 0,006 Grm. in N°. 24, 0,010 Grm. in N°. 29 und 0,012 Grm. in N°. 32 und N°. 33. Die beiden ersteren Werthe rühren von dem Murmelthiere N°. 1 und die zwei letzteren von dem N°. 3 her.

Dieselben Gewichts- und Zeiteinheiten des fester schlafenden Geschöpfes geben daher geringere Verluste durch das Wasser, die

festen Stoffe und die Asche des Urines, als die eines Murmelthieres, dessen Erstarrung oft leiser ausfällt und mehr durch Wachperioden gestört ist.

Vergleicht man übrigens die Werthe der Phosphor- und der Schwefelsäure, welche die Untersuchung des frischen Harnes geliefert hat, mit denen der Asche in N°. 29 und N°. 33, so sieht man, dass die gefundene Menge der feuerfesten Bestandtheile zu klein ausgefallen. Dieses rührt offenbar davon her, dass sich der Urinrückstand nur schwer veraschen lässt, das daher nothwendige heftige Glühen schwefel- und phosphorsaure Verbindungen in Schwefelmetalle umwandelt und andere Körper, wie Kohlensäure (Chloralkalien), austreibt.

Die Einheiten des Kilogrammes und des Tages haben 0,035 Grm. bis 0,163 Grm. Harnstoff in dem Thiere N°. 1 und 0,030 Grm. (oder 0,005 Grm.) bis 0,144 Grm. (oder 0,213 Grm.) Harnstoff für N°. 3. Dieser Körper nimmt im Winterschlafe die grösste Menge des Harnrückstandes in Anspruch. Er betrug z. B. 75,76 % desselben in dem Urine N°. 24, 79,70 % in N°. 33, 60,17 % in N°. 36 und 56,83 % in N°. 37.

Die mittleren täglichen Mengen von Phosphor- und der Schwefelsäure, die einem Kilogramm Körpergewicht entsprechen, betragen immer nur ein Paar Milligramm und die des Kochsalzes häufig weniger als ein Milligramm. Die Nahrungseinnahme und der Eintritt des Todes erhöhten wiederum die Werthe jener Säuren in beträchtlicherer Masse.

Wir wollen nun noch die Mittelzahlen des ganzen Winterschlafes, wie sie sich für die beiden ausführlicher betrachteten Murmelthiere ergeben, übersichtlich zusammenstellen. Man hat dann:

		Durchschnitt für den ganzen Winterschlaf.	
		Urin vom Murmelthier.	
		N⁰. 1.	N⁰. 2.
Eigenschwere		1,027	1,031
Procentige Zusammensetzung.	Fester Rückstand	7,59%	6,50%
	Asche	0,82%	0,88%
	Harnstoff	5,17% (5,41%)	5,62%
	Gelöste Phosphorsäure	0,26%	0,34%
	Schwefelsäure	(0,98%)	0,51%
	Kochsalz	weniger als 0,20%	weniger als 0,18%
Mittlere absolute, einem Kilogramm Körpergewicht und einem Tage entsprechende Menge.	Harn	1,292 Gramm.	1,704 Gramm.
	Fester Rückstand	0,052 Gramm.	0,218 Gramm.
	Asche	0,0065 Gramm.	0,011 Gramm.
	Harnstoff	0,063 Gramm.	0,089 Gramm.
	Gelöste Phosphorsäure	0,003 Gramm.	0,009 Gramm.
	Schwefelsäure	(0,041 Gramm.)	0,014 Gramm.
	Kochsalz	weniger als 0,003 Gramm.	weniger als 0,008 Gramm.

Man darf bei der Beurtheilung dieser Tabelle nicht vergessen, dass die Durchschnittswerthe der procentigen und daher auch der absoluten Mengen des festen Rückstandes und der Asche von N⁰. 1 und N⁰. 2 und der Schwefelsäure von N⁰. 1 nur auf einer oder wenigen Einzelbeobachtungen beruhen und daher keine Grundlage allgemeiner Vergleiche abgeben können. Die mittleren Grössen des Harnstoffes, der Phosphorsäure und des Kochsalzes und der Eigenschwere dagegen entsprechen allen Einzelbeobachtungen der ganzen Erstarrungszeit. Behalten wir diese im Auge, so sehen wir, dass im Allgemeinen der ruhigere Winterschlaf einen Harn von geringerer

Eigenschwere und von kleineren Procenten des Harnstoffes und der Phosphorsäure erzeugt. Es werden dann auch niederere mittlere Werthe dieser beiden Körper und wahrscheinlich des festen Rückstandes, der Asche und der Schwefelsäure für ein Kilogramm Körpergewicht und eine Stunde bereitet. Mag das Thier fest schlafen oder nicht, mag es in der Zwischenzeit einmal gegessen oder seit Monaten gehungert haben, so findet man doch immer nur geringe Mengen von Kochsalz und von Chlorverbindungen überhaupt. Das Wasser und der Harnstoff nahmen zwar kurz vor dem Tode absolut zu, das erstere wuchs aber verhältnissmässig beträchtlicher, als der letztere.

§. 10. Galle und Leberzucker.

Die in §. 8 dargestellten Eigenschaften der Kothmassen lehren schon, dass die Gallenabsonderung während des ganzen Winterschlafes fortdauert. Es wurde früher erwähnt *), dass die Gallenblase der Murmelthiere, die man im Laufe oder am Ende des Winterschlafes untersucht, strotzend gefüllt zu sein pflegt. Wir wollen daher nur noch die quantitativen Grössen, welche hier in Betracht kommen, näher ins Auge fassen.

Vergleichen wir die Gewichtsverhältnisse des Körpers des Thieres, der Leber und der in der Gallenblase gefundenen Galle, so haben wir:

---

*) S. diese Zeitschrift Bd. II. S. 8, 9.

Murmelthier.	Dauer der Erstarrung in Tagen.	Gewicht in Gramm.			Verhältnissmässiges Gewicht der Galle,	
		des Leichnams. (Netto-Gewicht.)	der Leber.	der in der Gallenblase gefundenen Galle.	das Körpergewicht = 100.	das Lebergewicht = 100.
N°. I. Männchen.	6	1042,0	34,65	1,57	0,15	4,53
N°. II. Männchen.	44	983,43	32,0	1,90	0,19	5,94
N°. III. Männchen.	150	416,1	10,1	1,1	0,26	10,89
N°. IV. Weibchen.	166	566,5	6,7	1,5	0,26	22,39
N°. V. Männchen.	173	559,0	17,5	0,4	0,07	2,29
N°. 1. Männchen.	159	666,8	20,1	1,64	0,25	8,15
N°. 2. Weibchen.	165	721,4	26,0	2,3	0,32	8,85
N°. 3. Männchen.	165	951,9	28,5	2,7	0,28	9,48

Man sieht zuvörderst, dass N°. V, welches Nahrung eingenommen hatte und dann von selbst zu Grunde gegangen war, eine ungewöhnlich geringe Gallenmenge in der Gallenblase führte. Die Ursache lag wahrscheinlich darin, dass Galle kurz vor dem Tode in den Darm geflossen war. Wir wollen diesen Ausnahmsfall bei Seite lassen und nur die übrigen Erfahrungen näher betrachten.

Wir haben vier Kategorien von Thieren:

1. N°. I befand sich am Anfange,
2. N°. II in der ersten Hälfte,
3. N°. 1 und 2 am Ende des Winterschlafes

und wurden dann gewaltsam getödtet. Sie fasteten dabei seit mehr als 6, 44, 159 und 165 Tagen. Endlich

4. N°. III, N°. IV, N°. V und N°. 3 hatten ihren Winterschlaf durchgemacht und im Frühjahre Pflanzenspeisen verzehrt. Sie waren hierauf wieder eingeschlafen und endlich von selbst, wahrscheinlich an Inanition, doch ohne vorher länger zu wachen, zu Grunde gegangen.

Nur die Thiere der zweiten und der dritten Kategorie geben ein reines Bild der Erstarrung, während die der vierten einer Verbindung von Winterschlaf und Erschöpfungseinflüssen unterlagen.

Man sieht, dass die in der Gallenblase gefundenen Gallenmengen im Verhältniss zum Körper- und zum Lebergewichte während des reinen Winterschlafes grösser, als am Anfange der Erstarrungszeit ausfielen. Diese Vermehrung verräth sich auch bei der Combination von Erstarrung und Inanition. Sie scheint nicht bloss durch die spätere Abnahme des Körper- und des Lebergewichtes bedingt zu sein, sondern führt zu der Vermuthung, dass sich verhältnissmässig mehr Galle während des Winterschlafes, wie bei dem Verhungern in der Gallenblase anhäuft. Der nächste Grund liegt wohl in beiden Fällen in dem Mangel der Einfuhr von Nahrungsmitteln und den daher fehlenden Verdauungsreizen.

Die Galle des Murmelthieres N°. 1 war grünschwarz und fast undurchsichtig. Sie behielt diese beiden Eigenschaften noch nach der Verdünnung mit dem Vier- bis Fünffachen destillirten Wassers bei. Sie reagirte neutral, änderte sich nicht bei dem Kochen und lieferte keine Spur von Kupferreduction der Fehling'schen Lösung. Goss man eine Probe von ihr in eisenfreie Salzsäure, so wurde das Ganze blaugrün. Fügte man Salpetersäure hinzu, so erschien die Flüssigkeit sogleich violett, dann blau und endlich roth. Sie zeigte unter dem Mikroskope viele runde gesonderte oder zu häutigen Massen zusammengehäufte Körner.

Der feste Rückstand dieser Galle betrug 30,00 %. Kalter Aether, der auf ihn eingewirkt hatte, färbte sich grün und hinterliess nach dem Verdunsten grüne strahlig zusammengestellte Nadeln, die sich in Weingeist lösten. Zog ich das Uebrige mit Weingeist aus, so wurde dieser intensiv grün. Es war sehr viel Weingeist bis zur Erschöpfung nöthig. Die alkoholische Lösung drehte die Polarisationsebene nicht. Wurde der Gallenrückstand, der mit Aether und Alkohol behandelt worden, mit Wasser gekocht, so erhielt ich eine braungelbe Lösung, die sich mit Rohrzucker und Schwefelsäure tief purpurroth, mit Salz- und Salpetersäure dagegen bläulichroth färbte.

Die sehr dunkelgrüne, fast neutrale Galle des Murmelthieres N°. 2 lieferte eine starke Reaction auf Gallenfarbestoff, dagegen keine Spur von Reduction der Fehling'schen Kupferlösung. Ihr dunkelgrüner fester Rückstand betrug 25,37 %.

Die grasgrüne, neutrale Galle des Murmelthieres Nr. 3 führte nur 16,96 % festen Rückstandes. Sie war in diesem von selbst zu Grunde gegangenen Geschöpfe bedeutend wässriger, als in den beiden vorigen Thieren, die am Ende ihrer Winterschlafzeit getödtet worden.

Was den Leberzucker betrifft, so halte ich es für das Zweckmässigste, alle Einzelerfahrungen, die ich bis jetzt zu machen Gelegenheit hatte, anzuführen. Die nöthigen Schlüsse werden sich dann ohne Weiteres leicht ergeben.

1. Die Leber des Murmelthieres N°. I, welches nach 5tägigem Winterschlafe getödtet worden, wurde mit Wasser erst kalt und dann heiss ausgezogen. Das klare Filtrat schlug Kupferoxydul aus der alkalischen schwefelsaueren Kupferoxydlösung nieder.

2. Das gelbgraue neutrale bis schwach alkalische Filtrat des wässrigen Leberauszuges von N°. II, welches Thier nach 44tägigem Winterschlafe erstickt worden, änderte sich weder durch das Kochen, noch nach einem Zusatze von Salz- oder Salpetersäure. Schwefelsäure lieferte eine opalartige Trübung. Die Flüssigkeit reducirte stark die Fehling'sche Lösung, färbte sich bei dem Kochen mit Kali tief weingelb, ohne jedoch einen sehr deutlichen Melassegeruch zu entwickeln, und ging in lebhafte Gährung mit Bierhefe über.

Alle diese auf Zucker hinweisenden Merkmale konnten noch 9 Tage nach dem Tode nachgewiesen werden. Das Thier hatte indessen in einem Zimmer gelegen, dessen Wärme zwischen 0° und + 11° C. schwankte. Eine dreitägige Gährung mit Hefe liess den grössten Theil des Zuckers in Kohlensäure und Weingeist übergehen. Man konnte aber noch eine geringe Spur mit der Fehling'schen Lösung nachweisen. Die filtrirte Leberabkochung und die bald zu erwähnenden Blut- und Zwerchfellflüssigkeiten hatten sich 8 Tage, nachdem sie bereitet worden, oder 17 Tage nach dem Tode des Thieres getrübt und ihre Zuckerreaction eingebüsst.

5,90 Grm. frischer Lebermasse, die 6 Mal bis zur gänzlichen Erschöpfung mit immer neuen Wassermengen ausgezogen worden, enthielten 2,87 % Zucker. Dieser Werth wurde, wie die folgenden, mit einer Fehling'schen Titrirungsflüssigkeit erhalten. Könnte man annehmen, dass alle Theile der Leber die gleichen Zuckermengen erzeugt hätten — was jedoch kaum der Fall war —, so würde das ganze Organ, das 32,0 Grm. wog, 0,918 Grm. Zucker gegeben haben. Dieses betrüge $^1/_{107}$ des Nettogewichts der Körpermasse. Ich liess $6^1/_2$ C.C. Blut aus einer Leberschnitte ausfliessen, kochte das Ganze und filtrirte. Die durchgetretene schwachgelbliche Flüssigkeit reducirte die Kupferlösung auf das Lebhafteste. Die Titrirung lieferte 0,82 % Zucker.

Dieser Körper liess sich noch unzweifelhaft in der grauweissen Magenflüssigkeit und der Galle, nicht aber in dem in den dünnen Gedärmen vorgefundenen Schleime, der nur im oberen Abschnitte des Dünndarmes gelb, in dem unteren dagegen grauweiss war, nachweisen.

Da ich noch eine Reihe anderer Körpertheile mit der Fehling-schen Lösung geprüft habe, so will ich die Gesammtergebnisse dieser Bemerkungen der Kürze wegen tabellarisch anführen. Wir haben:

Reduction des Kupferoxyds.			
Starke.	Schwache.	Zweideutige.	Keine Spur.
Lebermasse. Blut aus einem Einschnitte der Leber. Galle. Wässriger Mageninhalt. Abkochung des Zwerchfells. Abkochung der (rechten) Lunge.	Rechte Nebenniere. Muskel-Substanz der linken Herzkammer.	Körper-Muskeln (Deltoideus und Pectoralis major).	Schleim des Leerdarmes und des Krummdarmes. Inhalt des Blinddarmes und neutrales gelbes Filtrat desselben. Milz. Blut aus dem untern Theile der untern Hohlvene. Blut aus dem linken Herzen. Linke Nebenniere. Linke Unterkieferdrüse. Beide Harder'sche Drüsen. Winterschlafdrüse. Nieren. Harnblase. Gehirn.

3. Die Leber des Murmelthiers N°. III, das an den Folgen des 150tägigen Winterschlafes und der Erschöpfung zu Grunde gegangen war, zeigte keine Spur von Zucker.

4. Dasselbe gilt von N°. IV, welches 166 Tage nach dem Anfange der Erstarrung unter ähnlichen Verhältnissen gestorben war und

5. von N°. V, dass nach 173 Tagen an Inanition unterging.

6. Das Murmelthier N°. 1, welches nach 159tägigem Winterschlafe und einen Tag nach der doppelten Vagustrennung durch den Genickstich getödtet worden, gab kaum eine Stunde nach dem Ableben starke Kupferreduction seiner Leberabkochung. Diese drehte auch die Polarisationsebene nach rechts. Die Titrirung lieferte 1,12% Zucker. Denkt man sich ihn wiederum in der ganzen, 20,1 Grm. schweren Leber gleichförmig verbreitet, so hätte man eine gesammte Zuckermenge von 0,225 Grm. oder $^1/_{2664}$ des Nettogewichts des Leichnames.

Wurde der feste Rückstand des Blutes der Bauchaorta mit destillirtem Wasser behandelt, so erzeugte die Flüssigkeit eine schwache, aber deutliche Reduction der Fehling'schen Lösung. Diese mangelte dagegen bei der Prüfung der Galle und der Magenflüssigkeit gänzlich.

7. Das Murmelthier N°. 2, welches man den ganzen Winter bis auf vier Wägungen unbelästigt schlafen liess und 165 Tage nach dem Beginn der Erstarrung durch Erstickung tödtete, führte wiederum Zucker in der Leber. Schiff fand 1,12% durch Titrirung mit Kupferflüssigkeit von Fehling. Die ganze 26,0 Grm. schwere Leber hätte hiernach 0,291 Grm. oder $^1/_{2560}$ des Nettogewichtes des Leichnams dargeboten. Weder die Galle, noch die Magenflüssigkeit lieferten eine Spur von Kupferreduction. Der Harn dagegen schlug Kupferoxydul bei vorsichtigem Erwärmen nieder.

8. Das Murmelthier N°. 3, das an Erschöpfung nach 165tägigem Winterschlafe zu Grunde ging, lieferte keine Spur von Zuckerreduction in seiner filtrirten Leberabkochung, man mochte diese unmittelbar prüfen oder vorher mit schwefelsaurem Natron, wegen der etwa vorhandenen störenden Eiweisskörper behandelt haben. Die Vermischung mit Speichel und der Aufenthalt in der Brutwärme konnten ebenfalls

keine Zuckererzeugung hervorrufen. Das Blut, die Galle, die Magenflüssigkeit und der Harn führten nur zu negativen Ergebnissen.

9. Die Leberabkochung des unter N°. VIII. der ersten Abtheilung*) angeführten Stacheligels zeigte gewöhnlich keine Spur von Kupferreduction. Ich erhielt nur einen unbedeutenden gelben Niederschlag in einem Falle. Setzte ich hingegen eine geringe Menge der filtrirten Leberabkochung des oben erwähnten Murmelthieres N°. II hinzu, so kam die Zuckerreaction sogleich zum Vorschein. Die Galle, das Blut, die Nieren und das Zwerchfell gaben nur negative Resultate. Der Igel war an Erschöpfung und ohne äussere Veranlassung zu Grunde gegangen.

10. Ein zweiter Igel, der Ende December gestorben, lehrte das Gleiche wie der vorige. Dasselbe wiederholte sich

11. für den Igel, dessen Perspirationserzeugnisse in der letzten Tabelle der vierten Abtheilung übersichtlich zusammengestellt sind, und der den 25. Februar ohne nachweisbare Ursache zu Grunde ging. Da die Luft des Athmungsbehälters, in dem er nach einem etwas mehr als einstündigem Aufenthalte starb, nur 0,15% Kohlensäure und 20,71% Sauerstoff führte, so kann man die Todesursache nicht der Erstickung in geschlossenem Raume zuschreiben. Die Leberabkochung gab keine Spur von Zucker, man mochte sie unmittelbar nach der Behandlung mit schwefelsaurem Natron oder nach der Einwirkung von Speichel prüfen.

12. Man weiss durch Bernard und Schiff, dass die Frösche (R. esculenta u. R. temporaria) die Zuckerreaction ihrer Leber gegen Ende ihrer Wintererstarrung zu verlieren pflegen. Bernard**) theilt ferner mit, dass man den Leberzucker zum Verschwinden bringt, wenn man Kaninchen oder Meerschweinchen durch die Einwirkung der Kälte tödtet. Zwei Versuche, die ich hier noch hinzufügen will, können lehren, dass sich die Frösche anders, als die Säugethiere verhalten.

---

*) S. diese Zeitschrift Bd. I. S. 244.

**) Cl. Bernard Leçons de Physiologie expérimentale. Vol. II. Paris 1855. 8. p. 183.

Man tödtete ein Exemplar von Rana esculenta, das von Mitte October bis Mitte Februar ohne weitere Nahrung im Kalten aufbewahrt worden, indem man es in ein Glas sperrte, das von einer künstlichen Kältemischung (Schnee und Kochsalz) umgeben war. Die hierdurch erzeugte Luftwärme betrug —15° C. Die Leberabkochung lieferte eine starke Zuckerreaction.

Ich liess ein zweites Exemplar, das eben so lange und unter den gleichen Nebenverhältnissen gefangen gehalten worden, in der auf —15° C. künstlich erkälteten Atmosphäre einfrieren, nahm es aber vor dem Tode heraus. Es erholte sich wieder in der Zimmerwärme und wurde 14 Tage später getödtet. Die Leberabkochung gab eine starke Reduction der Fehling'schen Lösung. Alle Wirkung auf diese fehlte aber den warmen Wasserauszügen der Milz, der Nieren, der Oberschenkelmuskeln, des Herzens und des Gehirnes.

Diese Thatsachen lehren:

a. Der Leberzucker erhält sich während der ganzen Dauer des regelrechten Winterschlafes der Murmelthiere. Tödtet man diese in gesundem Zustande, so giebt die Leberabkochung Zuckerreaction. Man hatte sie nach 6tägiger Erstarrungszeit in N°. 1, nach 44tägiger in N°. 2, nach 159tägiger in N°. 6 und nach 165tägiger in N°. 7. Da sich hier der Zucker unmittelbar zu erkennen gab, so folgt, dass nicht nur der zuckerbildende, sondern auch der gährungserregende Körper trotz des 5—6 monatlichen Mangels der Nahrungseinnahme erhalten blieb. Wir haben daher hier einen wesentlichen Unterschied zwischen dem ächten Winterschlafe der Murmelthiere und der stets unvollkommenen Erstarrung der Batrachier oder dem Hungerzustande der wachen Geschöpfe.

b. Es kommt im Freien, wie in der Gefangenschaft vor, dass Murmelthiere, die ihren Winterschlaf durchgemacht, ohne äussere Veranlassung zu Grunde gehen, wenn sie selbst Nahrung in den kurzen Zwischenperioden des Wachens im Frühjahre zu sich genommen haben. Die Erschöpfung bildet wahrscheinlich hier das Begünstigungsmittel des Todes. Diese Leichname führen nie Leberzucker. (N°. 3, 4, 5, 8.) Er fehlt, wie in verhungerten oder sonst kranken

Thieren und kann auch nicht durch den als Ferment wirkenden Speichel erzeugt werden. Igel, die im Laufe des Winterschlafes zu Grunde gehen, bieten das Gleiche dar. Man hat also hier einen Mangel des Zucker bildenden Stoffes.

c. Die unter N°. 2 angeführte Thatsache, dass die Galle, der Mageninhalt und die Abkochungen des Zwerchfelles, der rechten Lunge und zum Theil der rechten Nebenniere so wie des Herzens Zucker enthielten, rührt wahrscheinlich nur von nachträglicher Durchschwitzung nach dem Tode her *). Es kann dagegen vorkommen, dass das frische Aortenblut und der frische Harn eines am Ende des Winterschlafes getödteten gesunden Murmelthieres geringe Mengen von Kupferoxydul niederschlagen. (N°. 6 und 7.)

d. Die Ansicht, dass die in dem Magen abgesonderte Flüssigkeit wieder aufgesogen werde, in die Pfortader übertrete und den Leberzucker erzeuge **), scheint mehrere Thatsachen gegen sich zu haben. Die Magenflüssigkeit führte nur in N°. 2 Zucker, zeigte dagegen keine Spur desselben in N°. 6 und 7. Selbst der Zuckergehalt in N°. 2 war vielleicht eine blosse Leichenerscheinung. Wollte man aber dessenungeachtet annehmen, dass Zucker aus der nicht zuckerhaltigen Magenflüssigkeit in der Leber erzeugt werde, so würden die Mengenverhältnisse dieser Ansicht entgegenstehen.

e. Der Leberzucker der winterschlafenden Murmelthiere geht nicht so leicht durch Fäulniss zu Grunde, als dieses von dem anderer wacher Säugethiere angegeben worden. Er erhielt sich in der frischen Leber des Thieres N°. II bis in die zweite Woche bei einer Zimmerwärme von 0° bis + 11° C. Hatte man die Lebermassen von N°. 1 u. N°. 2 getrocknet, so fand sich nach mehr als zwei und selbst nach fünf Monaten, dass das in verkorkten Flaschen aufbewahrte Pulver Wasserabkochungen lieferte, in denen sich noch grössere (N°. 2) oder geringere Zuckermengen (N°. 1) nachweisen liessen. Der trockene Rückstand von N°. 3 dagegen, dem schon der Zucker in frischem Zustande

*) Bernard a. a. O. p. 135.

**) Ebendas. p. 134.

gefehlt hatte, zeigte auch jetzt keine Spur von Kupferreduction der frisch bereiteten Abkochung. Dasselbe wiederholte sich, nachdem ich die Flüssigkeit, mit Hefe versetzt, 20 Stunden sich selbst überlassen und dann filtrirt hatte. Es versteht sich übrigens, dass die nebenbei vorhandenen Verbindungen, der Feuchtigkeits- und der Wärmegrad der Umgebung bestimmen werden, ob noch nachträglich Zucker in dem Pulver des festen Rückstandes erzeugt und wie schnell der vorhandene durch Gährungserscheinungen zerstört wird.

f. Lässt man Frösche, welche die ersten vier Wintermonate ohne weitere Nahrung in einem dunklen Kellerraume zugebracht haben, durch den längeren Aufenthalt in einer Kälte von — 15° C. gefrieren, so geht hierdurch der Leberzucker nicht zu Grunde.

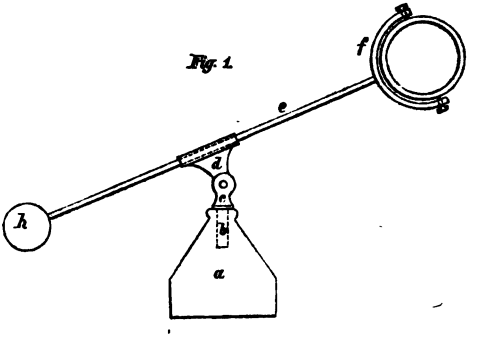
VI.

Zwei neue Lupenträger.

Von

Hermann Meyer.

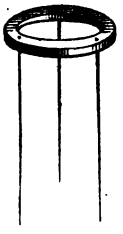
Schon vor längerer Zeit habe ich zwei Traggestelle für Arbeitslupen construirt, welche durch ihre Einrichtung zunächst nur den hohen Preis der gewöhnlichen Stativlupen vermeiden sollten. Da dieselben sich nun neben Erreichung dieses Zweckes auch noch bei vielfachem Gebrauche sehr bequem und zweckdienlich bewiesen haben, so folge ich hierdurch gerne der freundlichen Aufforderung des Herrn Redacteurs dieser Zeitschrift, die Beschreibung derselben zu veröffentlichen.



Der eine Lupenträger (Fig. 1) ist für Gläser von grösserem Durchmesser (etwa 1″) und geringerer Vergrösserung bestimmt. Er besteht aus einem Kegel (a) von schwerem Holz (Ebenholz, Buchs), dessen Basis mit Blei ausgegossen und

mit Tuch belegt ist, — und einem auf demselben eingefügten Gestelle von Messing, welches zunächst die Lupe trägt und zu allseitiger Bewegung geeignet ist. Die Einrichtung dieses Gestelles ist folgende: der Theil c ist mit einer Axe (b), welche mit ihm ein einziges Stück ist, beweglich in die Spitze des Holzkegels eingelassen; — an seinem oberen Ende trägt er, durch ein Charnier mit ihm verbunden, den Theil d; an dem oberen Ende dieses letzteren befindet sich eine Hülse, welche durch Einschnitte federnd gemacht ist und dadurch den durch sie hindurch gehenden Hebel e genau umschliesst. Der Hebel e trägt an seinem einen Ende eine Gabel (f), zwischen deren Enden die Fassung der Lupe (g) durch zwei zugespitzte Schräubchen festgehalten wird; — an dem anderen Ende trägt der Hebel eine Kugel (h) als Gegengewicht. — Durch diese Einrichtung ist die vielseitigste Bewegung des Lupenglases möglich: die Bewegung von c in dem Holzkegel führt dasselbe im Kreise herum; das Gelenk zwischen c und d gestattet Höher- und Tieferstellung; die Verschiebung des Hebels e in seiner Hülse schiebt es vorwärts und rückwärts; — und daneben kann die Ebene des Glases noch durch Drehung des Hebels in seiner Hülse und durch Bewegung der Fassung g um die durch die beiden Schräubchen gegebene Axe verschieden gestellt werden. — Die beigegebene Zeichnung hat ungefähr die halbe Grösse des von mir gebrauchten Apparates.

Fig. 2.



Der andere Lupenträger (Fig. 2) ist für solche Arbeiten, namentlich unter Wasser, bestimmt, bei welchen man starke Vergrösserungen braucht. Er ist nur ein Messingring mit drei aus Stahlnadeln gebildeten Füssen; mit diesen wird das Gestell in die Wachstafel gesteckt, auf welcher man arbeitet, und dann ein Objectivglas eines Mikroskopes so auf den Ring gelegt, dass seine Schraube in dem Lichten desselben steckt und der über der Schraube vorspringende Rand der Fassung von dem Ringe getragen wird. — Da verschiedene Stärke der Lupe, so wie Arbeiten im Wasser oder an der Luft eine verschieden hohe Stellung des Glases über dem Objecte verlangt, so hat man 2—3 dergleichen Gestelle mit ver-

schiedener Länge der Nadeln. — In einem solchen Gestelle können indessen nur die grösseren Objective (Schiek, Plössl) und von diesen nur einzelne Nummern gebraucht werden; die kleinen unverrückt zusammengesetzten Systeme von Objectiven, z. B. von Oberhäuser, sind dazu nicht geeignet.

VII.

Warum legt eine Bienenkönigin ein unbefruchtetes Ei in die Drohnenzelle? Warum ein befruchtetes in die Arbeiterzelle und primäre Weiselwiege (Schwarmweiselwiege)? Bedarf es hierzu Seitens der Königin einer besonderen Intelligenz, eines besonderen Wissens oder Instinktes?

Eine physiologisch-zoologische Controverse.

Von

Medicinalrath Dr. **Küchenmeister.**

Herr von Siebold hat auf pag. 81 seiner interressanten Abhandlung: „Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen, Leipzig 1856", die in der Uebersicht behandelten Fragen in der Weise beantwortet, dass er, wie schon vor ihm Dzierzon*), behauptet: der Instinkt sage es der Königin in dem Momente, wo sie den Hinterleib in eine weite Drohnenzelle oder in eine enge Arbeiterzelle zum Eierlegen hineinschiebt, ob sie ein weibliches oder männliches Ei legen, oder was dasselbe sagen will, ob sie das Ei mit ihrem Samen befruchten soll oder nicht. Den Unterschied der engeren und weiteren Zellen werde eine normale Königin gewiss mit ihrem Hinterleibe herausfühlen und durch dieses

*) Dzierzon sagt (cf. v. Siebold l. c. p. 54): „Die Befruchtung der Eier oder ihre Nichtbefruchtung nimmt die Königin natürlich instinktmässig vor, durch die Weite der zu besetzenden Zellen angeleitet."

Gefühl wissen, dass sie in einer engen Zelle das abzusetzende Ei befruchten müsse, während sie in einer weiten Zelle das Ei unbefruchtet abzulegen habe. Auch durch die eigenthümliche Beschaffenheit einer unvollendeten Weiselwiege würde eine normale Königin instinktmässig zur Befruchtung des hier einzusetzenden Eies aufgefordert werden, und es sei somit die so räthselhafte und doch allgemein bestätigte Erfahrung erklärt, warum eine normalbeschaffene Königin stets die Drohnen-, Arbeiter- und Königinnenzellen der in jedem Bienenstocke in anderer Zahl und Ordnung befindlichen Waben mit richtigen Eiern besetze. Freilich müsste es dabei nachweisbar sein, dass es wirklich in Folge bestimmter, nachweislich vorhandener Muskeln einer befruchtenden Königin möglich sei, den Samen nach Willkür im Receptaculum seminis zurückzuhalten oder aus demselben zu entleeren. Da bekanntlich bei Insektenweibchen nicht das Ei im Eierstocke, sondern im Momente des Vorbeipassirens vor der Einmündung der Samentasche in den Eileiter befruchtet wird, so ist, wie von Siebold früher dargelegt, bei vielen Insektenweibchen in der That in der äussern Umgebung der Samenkapsel ein besonderer, willkürlicher Muskelapparat vorhanden. Auch in der Umgebung der Samenkapsel der weiblichen Bienen sah von Siebold willkürliche Muskeln, ohne jedoch mit Sicherheit angeben zu können, welchen bestimmten Functionen sie zu dienen haben. Die Möglichkeit einer willkürlichen Samenentleerung aus der Samentasche wäre hiernach wenigstens nicht abzuläugnen. Von Berlepsch habe (Bienenzeitung N°. 7, 1855) sich dahin ausgesprochen, wahrscheinlich habe die Königin die Fähigkeit, die Mündung des Receptaculum nach Belieben vielleicht durch Zusammenziehung der ganzen Blasenhaut zu schliessen, oder auch das ganze Receptaculum von der Röhre des Eileiters, in welcher es mündet, seitwärts abzubewegen, etwas zurückzuziehen, damit die Eier, die sie in männliche Zellen legen will, unbefruchtet vorbeigleiten können.

Es ist nun durch die Untersuchungen von Dzierzon und von Berlepsch weiter bekannt, dass die Königin in die grösseren Droh-

nenzellen unbefruchtete Eier legt, aus denen männliche Bienen (Drohnen) ausschlüpfen, in die kleineren Arbeiterzellen aber befruchtete Eier, aus denen Arbeiterinnen (verkümmerte Weibchen) hervorkommen. Auch wissen wir, dass aus letzteren, wenn es in einem Baue an einer Königin fehlt, in Folge Umbaues von Zellen mit Arbeitermaden zu Weiselwiegen und in Folge der Fütterung dieser Maden mit Königinnenfutter durch die Arbeiterinnen aus solchen aus befruchteten Eiern entstandenen Arbeitermaden ächte Königinnen hervorgehen. Der Beweis dafür, dass man es mit sogenannten Nachschaffungsweiselwiegen zu thun hat, liegt darin, dass man in ihnen nach dem Ausschlüpfen der Königin unter dem Reste des vertrockneten Futterbreies an der Mittelwand, das bekannte Sechseck der Arbeiterzelle, als einen Theil des Bodens, wiederfindet. Schickt sich ein Volk freiwillig zum Schwärmen an, dann bauen die Arbeiterinnen runde Näpfchen, in welche die Königin weibliche Eier hineinlegt, und die später verlängert und zu fertigen Weiselwiegen aufgebaut werden. Sie sind von Haus aus dazu bestimmt, Königinnen aufzunehmen. Nach dem Ausschlüpfen der Königin findet sich hier der Boden unter den vertrockneten Futterresten rund oder kesselförmig. Jede Zelle, von allen drei Arten, wird stets mit einem Eie belegt, und nur dann mit mehreren, wenn es der eierlegenden Königin an leeren zu belegenden Zellen fehlt; stets kommen in die betreffenden Zellen die entsprechenden Eier, mit Ausnahme des Falles, wenn man durch fortgesetztes Einhängen leerer Drohnenwaben eine Königin zwingt, nur unbefruchtete Drohneneier zu legen. Setzt man das zu lange fort, dann hört die Königin ein paar Tage gänzlich mit Eierlegen auf, aber nun beginnt sie auch befruchtete Eier in die Drohnenzellen zu legen, aus denen normale, keineswegs grösser als gewöhnliche Arbeiterinnen sich darstellende Arbeiterinnen hervorgehen. Finden sich mehrere Eier in einer Zelle, so werfen die Arbeiterinnen alle, bis auf eines, hinaus, da sie niemals im Stande sind (wie man auch wohl gesagt hat) gleich den Ameisen, Eier und Maden zu transferiren. Endlich hat von Siebold (l. c. pag. 111 sq.) durch das Mikroskop die Dzierzon'sche Annahme bestätigt, „dass

an den männlichen und weiblichen Eiern ein Unterschied im Baue nicht nachweisbar sei, ja dass selbst beide Arten ihre Mikropyle haben, nur dass freilich in die untersuchten, frischgelegten Drohneneier (27 an Zahl) niemals nachweislich durch die Mikropylenkanäle Spermatozoen eingetreten waren, während sie fast stets in frischgelegten weiblichen Eiern (in 52 Fällen 30 Mal) sich nachweisen liessen*)".

Das wären die auf Beobachtungen gestützten Thatsachen, welche bei unserer Betrachtung nochmals zu recapituliren waren. Von Berlepsch lässt Veränderungen in der Lage des Receptaculum und seines Ausführungsganges gegen den Eileiter die Hauptursache der Be- oder Nichtbefruchtung der Eier, insoweit dies durch Muskeln regulirt wird, sein, wir werden sehen, dass zur Hauptsache und vorwaltend noch andere unwillkürliche Verhältnisse wirken, ohne dass wir die willkürlichen ganz läugnen oder unmöglich nennen wollten.

Was den Ausdruck Instinkt anlangt, so halten wir von diesem Worte und seinem Gebrauche in der wissenschaftlichen Zoologie nahezu dasselbe, was wir von dem Ausdruck: Generatio aequivoca halten. Die täglich mehr und mehr sich erweiternden naturwissenschaftlichen Kenntnisse bringen es dahin, dass dieser von unsern Vorfahren so lieb und werthgehaltene Baum immer mehr entblättert wird und man, ich möchte sagen, eine Ehre darin sucht, unter Herbeiziehung phy-

*) Man hat neuerdings die Hoffnung gehegt, durch nachträgliche, sofort nach dem Gelegtwerden eingeleitete künstliche Befruchtung der männlichen, in Drohnenzellen gelegten Eier, aus ihnen noch Arbeiterinnen zu erzielen. Die bisherigen Versuche scheiterten, so sehr dies zu bedauern, und dürften wohl überhaupt wenig Aussicht auf Erfolg versprechen. Ich fürchte, ein Haupthinderniss liegt in dem Kitte, der von der von Siebold entdeckten Kittdrüse abgesondert und an das Ei gebracht wurde, ehe es die Scheide verlassen hat. Wenn dieser Schleim, wie es scheint, schnell erhärtet, wird er die Mikropylen verschliessen. Mag er auch in befruchteten Eiern um so schneller und sicherer die Spermatozoen in den Mikropylen zurückhalten und dieselben antreiben, in die Dottermasseeinzudringen; für nachträgliche künstliche Befruchtung der Drohneneier wird er ein grosses Hinderniss abgeben. Uebrigens nehme man zu solchen Versuchen nur Samen aus dem Receptaculum kräftiger eierlegender Königinnen. Ueber die Gründe dieser Vorsicht einmal später.

sikalischer Gesetze zur Erklärung, denselben der Nachwelt möglichst abgerupft zu übergeben. Ebenso ist es mit dem Instinkt, der das Lieblingsbäumchen der Vor- und Mitwelt bei der Betrachtung der Lebensweise und Thätigkeiten von Wesen, deren Aeltern man leicht nachweisen kann, darstellt, und darstellte, wie es in Betreff der Wesen, deren Entstehung nicht so leicht begriffen werden kann, nebenbei noch die Generatio aequivoca war. Treten die Gründe zu Tage, warum ein Thier eine oder die andere seiner Lebensthätigkeiten ausübt; sehen wir die äussere Nothwendigkeit zu dieser Lebensthätigkeit ein; erkennen wir, dass dieselbe ohne besondere Ueberlegung Seitens des fraglichen Wesens nach in seinem Baue bedingten Gesetzen vollbracht wird: dann kann man an solcher Stelle nicht weiter von Instinkt reden. Der Triumph der neueren naturwissenschaftlichen Richtung besteht darin, an immer weniger Stellen von Instinkt der Thiere reden zu machen, oder was dasselbe sagen will, es zu versuchen, eine Erklärung gewisser, angeblich vom Instinkt verursachter Vorgänge ausfindig zu machen. Bei Beantwortung der an die Spitze dieser kleinen Abhandlung gestellten Fragen liegt es nun meiner Ansicht nach gar nicht so fern, einen mechanisch physiologischen Erklärungsversuch zu wagen, ja es scheint derselbe sogar leicht zu sein. Die Erklärung der Thatsache, dass die Königin in die engeren Zellen befruchtete Eier (weibliche), in die weiteren unbefruchtete (männliche) legt, führt uns — wenn wir überhaupt Erklärungsversuche gestatten wollen, — auf die Betrachtung der Durchmesserverhältnisse der verschiedenen Zellen im Vergleich zum Dickendurchmesser des Hinterleibes der Bienenkönigin — besonders die Durchmesserverhältnisse von der äussersten Spitze ihres Hinterleibes bis zu der Gegend, in der die Samentasche liegt — sowie endlich auf die Betrachtung des anatomischen Baues der weiblichen Geschlechtswerkzeuge, insbesondere der anatomischen Lage der Samentasche und vor Allem im Verhältniss zum Eileiter.

Schon Swammerdamm hat in seiner Bibel der Natur (Tab. XIX, Fig. III) die Lagenverhältnisse der Samentasche sehr gut wiedergegeben. Zuletzt von Siebold hat darauf aufmerksam gemacht,

wie an genannter Figur mit Ausnahme des von Allen bis auf von Siebold übersehenen Kittorganes — einem unpaarigen, wurstförmigen, eigenthümlichen Schlauche — Nichts, und nur Einiges in der Texterklärung Swammerdamm's zu ändern sei. Wir haben nur nöthig, den runden Körper t in dieser Figur (oder in der Huber'schen Copie, Tab. IV, Fig. 39, g) für die Samentasche der beiden Kanälchen u u (bei Huber, Fig. 39, q) für die v. Siebold'schen Anhangsdrüsenkanälchen zu nehmen, die mit ihrem Duct. ejaculatorius in den Ausführungsgang der Samentasche nicht weit von da einmünden, wo dieser Duct. ejaculatorius aus der Samentasche hervortritt und weiter in der Texterklärung statt „t ist ein kugelrundes Theilchen, welches den Leim enthält, womit die Eier vor ihrer Geburt bekleidet werden", vielmehr sagen: „t ist das Receptacul. seminis, u u die Anhangsdrüse" und wir sind mit der Correctur fertig. Gerade aber die Originalfigur bei Swammerdamm, nur mangelhaft copirt von Huber-Riem, lässt uns einen klaren Einblick in die Lagenverhältnisse thun. Jeder sieht leicht, wie weit nach hinten und wie tief nach unten der runde Körper der Samentasche, der eigentliche Samenbehälter, im Verhältniss zur Einmündungsstelle des Duct. ejaculator. in den gemeinsamen Eileiter gelegen ist. Diese eigenthümlichen Lagenverhältnisse zwischen dem Grunde der Samentasche und ihres Ausführungsganges Einmündung in den Eileiter scheinen auch anderen, den Bienen nahe verwandten, zellige Wohnungen bauenden Insekten zuzukommen. So sehen wir z. B. in Swammerdamm's Abbildung das Receptaculum der Wespe (Tab. XIX, Fig. IV, c) die bienenförmige Samentasche nicht seitlich vom Eileiter in einer Richtung gelagert, dass die Tasche nach vorn, und ihr Ausführungskanal mehr nach rückwärts und hinten blickte, sondern wir sehen sie mit ihrem Grunde gerade nach hinten und rückwärts auf dem gemeinsamen Eileiter liegen. Hier muss der Samen eine grosse Strecke steil nach vorn und rückwärts in gerader Linie steigen, ehe er in den Eileiter und an die Eier in ihm treten kann. Bei der Biene muss er nun eine schräg, mehr oder weniger unter spitzem Winkel aufsteigende Richtung von aussen nach innen und von hinten nach vorn einhalten. Es liegt

klar vor Augen, dass diese Lagerungsverhältnisse das sparsame und langsame Austreten der Samenfäden aus der Samentasche begünstigen und allein ermöglichen. Es ist demnach zum Samenaustritt erforderlich:

a. entweder eine übermässige Anschwellung der Blase durch den darin enthaltenen Samen und durch den etwaigen sehr reichen Erguss des Anhangsdrüsensecretes nach der Samentasche hin;
b. oder ein hebender Druck, der von hinten und unten her nach vorn und oben zu auf den Grund der Samentasche ausgeübt wird;
c. oder ein eigenthümlicher an der obern Hälfte der Samentasche angebrachter Muskelapparat, der nach Art eines Erhebers „Levator" (wie der Mensch ihn am obern Augenlid und an der Oberlippe z. B. besitzt), oder eines Retractor wirken und die spontane Elasticität der Samentaschenwände unterstützen muss.

Durch die Wirkung dieser drei Momente zusammen, oder eines allein, wird die Samentasche nach oben und vorwärts bewegt und erhoben werden können, wobei der Ausführungsgang allmälig in eine senkrechte Stellung gegen den Eileiter gebracht wird, welche den Austritt kleiner Samenmengen ermöglicht; oder der Ausführungsgang der Samentasche könnte auch, bei sehr heftig nach vorn zu hebend wirkendem Drucke, sogar in eine Stellung schräg von oben und aussen nach innen und unten gebracht werden, was zu einer massenhafteren Entleerung des Samens führen müsste.

Ebenso versteht es sich von selbst, dass die entgegengesetzt wirkenden Momente: eine ziemliche Leere der Samentasche, ein Druck von oben und vorn nach hinten und unten ausgeübt, und ein antagonistischer, an der untern Hälfte der Samentasche angebrachter Muskelapparat das allzu grosse Aufsteigen vermindern oder controliren müssten.

Wir wollen zunächst Punkt c betrachten. Der active Entleerungsapparat, die Muskulatur an der Samentasche der Königin steht, wie wir oben nach v. Siebold gesehen haben, sehr zurück im Vergleich

zu der Muskulatur an der Samentasche anderer Insektenweibchen. Von Siebold sagt, er habe die Function der etwa vorgefundenen Muskeln nicht ergründen können und nur selten scheine die Königin dieselben zu activer Entleerung brauchen zu können. Es scheint uns dies Alles eine Aufforderung dazu zu sein, zuzusehen, ob die betreffenden, vorhandenen Muskelbündel nicht die Function eines Levator (Erhebers) haben. Wir wollen zuvörderst die natürliche Lage der Samentasche und den etwaigen Muskelapparat betrachten. Oeffnet man den Hinterleib einer Bienenkönigin in der Weise, dass man, während man dieselbe auf den Bauch gelegt hat, den Schnitt in der Mitte des Rückens ganz oberflächlich durch die festen Gliederringe des Körpers von oben herab bis zum After führt, auf diese Weise die einzelnen Ringe, welche den Rücken des Hinterleibes bilden helfen, halbirend, so sieht man die Samentasche, falls sie sich in gefülltem Zustande befindet, sehr leicht. Ihr Grund ist dabei nach rückwärts gerichtet, und der leiseste Stoss oder Druck, den man auf sie ausübt, macht sie vibriren. Mit blossem Auge sieht man von der Umgebung her einige (4—6) zarte, feine Fäserchen zu der Samenblase hingehen; sie treten von den Seiten her ziemlich geradlinigt an die Samentasche und sind, wie die mikroskopische Untersuchung ergiebt, zum Tracheensysteme gehörige Aeste, die zu dem überaus reichen Tracheennetz führen, welches rings über die Samentasche ausgebreitet ist. Sie allein dürften es sein, welche dem Körper der Samentasche (dem eigentlichen, kugelförmigen Gebilde) eine gewisse Befestigung und einen gewissen Halt verleihen, wodurch die Tasche gehindert wird, haltlos in dem Hinterleibe der Biene herumzuflottiren. Zugleich aber vermögen diese Tracheenäste, welche zu den elastischsten Gebilden im Reiche der Insekten gehören dürften, die Samentasche bei etwaiger Bewegung nach vorn (vorwärts) oder nach hinten (rückwärts) durch diese eben angegebene Eigenschaft nach den Gesetzen von elastischer Ausdehnungs- u. Contractionsfähigkeit zu unterstützen. Nirgends konnte ich deutliche und kräftige Muskelfasern sicher nachweis-

bar auffinden, welche an die obere und mehr nach dem Rücken der Königin hinblickende Hälfte des Körpers der Samentasche selbst sich anhefteten. Zu dem oberen Theil der unteren Hälfte des Körpers der Samentasche gingen an der Vorder- wie an der Rückseite ein Paar schmale, dünne ligamentöse Streifen, an denen ich nach der Structur willkürlicher Muskelfasern vergeblich suchte. Es dürften dies wohl contractile bandartige Gebilde gewesen sein. Den einen Anheftungspunkt bildete die Aussenwand der Samentasche, den andern die Aussenwand des Darmkanales.

Sicher nachweisbare Muskelfasern konnte ich bloss an der untersten Hälfte in der Nähe und Umgegend des Theiles auffinden, von welchem aus der Duct. ejaculatorius der Blase abgeht. Ein solches Muskelbündel entsprang z. B. mit einem ziemlich dicken Stamme an der Aussenwand des gemeinsamen Eierleiters nach abwärts und hinter der Samentasche und spaltete sich dann in einen kurzen Ast, der zum Ductus ejaculatorius der Anhangsdrüsen ging und in einen längeren, der an die Aussenwand der Samentasche (an das unterste Segment der Samentaschenkugel) fast zu der Stelle verlief, wo der Ductus ejaculatorius aus der Samentasche entspringt, so dass es den Anschein hat, als ob dieser Muskel gleichzeitig etwas beitragen könnte zur Eröffnung des Foramen internum des Ductus ejaculatorius der Samentasche. In nur sehr geringer Entfernung von der Einmündungsstelle dieses Muskels in den vom Ductus ejaculatorius und der Samentasche gebildeten Winkel entsprang ein zweites Muskelbündelchen. Ich kann seinen Verlauf nicht mit apodictischer Gewissheit angeben; doch schien es in der Nähe des Ductus ejaculatorius zu entspringen und an die Aussenwände des Darmes zu gehen. Ein drittes kurzes, abgerissenes Muskelbündelchen entsprang vom gemeinsamen Eierleiter und schien die Richtung gegen die Samentasche einzuhalten. Ich glaube, man könnte dieser Gruppe den Namen Musculi retractores oder depressores geben.

Zahlreichere Muskelbündelchen bemerkte man an der entgegengesetzten Seite, doch mehr nach vorn zu, und zwischen der Samen-

tasche und demjenigen Theile des gemeinsamen Eierleiters, der näher gegen den Vereinigungspunkt der Ausführungsgänge beider Eierstöcke belegen ist und besonders sah man Verbindungen zwischen Darm und Samentasche, ohne dass jedoch die einzelnen Bündel selbst viel stärker gewesen wären. Ich glaube, es vertreten diese Muskeln die Stelle von Levatoren oder Supinatoren, sei es der ganzen Samentasche, oder doch des dem Ductus ejaculatorius nahen Theils derselben. Im Verhältniss der Samentasche zum Ductus ejaculatorius gesprochen, helfen sie die Tasche über dem Ductus ejaculatorius aufrichten und sie erheben. Die Anhangsdrüsen, deren Kanälchen in einem gemeinsamen Stamme nach dem ductus ejaculatorius der Samentasche hin sich öffnen, liegen an der Basis der Tasche, so dass ein Theil ihres Secretes zurücktreten kann in die Samentasche, ein anderer Theil desselben wohl aber sich an den ausgetretenen Samen hängen, ihn verdünnen und fortschaffen dürfte. Sie liegen in dem Raume zwischen dem gemeinsamen Eierleiter und der Samentasche. Da sie bei der oben angegebenen Art zu präpariren nicht allzu deutlich hervortreten, so kommt man der Wahrheit wohl am nächsten, wenn man sagt, sie liegen mehr nach der Bauch-, die Samentasche mehr nach der Rückenfläche der Biene zu. Zum Theil stören sie, da in demselben Niveau auch die hauptsächlichste Musculatur liegt, die recht klare Uebersicht der letzteren.

Muskeln in den Wänden der Samentasche sind nicht nachzuweisen. Ist die Tasche entleert und zusammengedrückt, dann bemerkt man eine kreisrunde, fast parallele Streifung der Tasche, ähnlich der, die wir z. B. an der sogenannten Schwanzblase des Cysticercus tenuicollis und anderer Blasenwürmer, oder an serösen, contractilen Cysten sehen. Die Blasenwände selbst sind höchstens elastischer Contraction fähig, nicht einer durch Muskeln bedingten.

Man muss sich übrigens trotzdem, dass man die von uns erwähnten Muskelfäserchen in der Nähe der Samentasche findet, nicht einbilden, dass diese Muskulatur eine sehr energische, sehr massenhafte sei. Schon von Siebold sagte, wie wir oben erwähnt haben, diese Muskulatur stehe sehr zurück im Vergleiche zu der Mus-

kulatur an der Samentasche anderer Insektenweibchen und könne er die Function der etwa vorgefundenen Muskeln nicht ergründen, die die Königin wohl nur selten zur activen Entleerung brauchen könne. Die wenigen Fälle, wo dies möglich wäre, würden sich wohl auf eine Beihülfe bei Erweiterung des foramen ductus ejaculatorii (cfr. infra) beziehen. Wären starke Muskelfasern in der Umgegend der Samentasche vorhanden, welche dieselbe an benachbartes Parenchym anhefteten, dann wäre es nicht möglich, dass die Samentasche so ausserordentlich beweglich im Hinterleib der Biene auf und nieder ballotirte, wie es doch, was später nachgewiesen werden soll, wünschenswerth ist. Ein starker Muskelapparat von Kreisfasern in den Wänden oder an den Wänden der Samentasche wie er wohl bei anderen Insektenweibchen besteht, deren Legezeit sich auf wenige Wochen beschränkt, würde nur schädlich sein, und das jahrelange Legen befruchteter Eier nach vorhergegangener einmaliger Befruchtung erschweren, wo nicht ganz in Frage stellen. Auch dürfte die von Berlepsch angenommene Contraction der Blasenhaut nur eine sehr beschränkte, weil auf gewöhnliche Elasticitätsgesetze begründete sein. Gänzliche Entleerung einer schon durch einige Zeit gefüllten Blase in Folge alleiniger Contraction der Wände anzunehmen, halte ich nicht für gerechtfertigt. Nimmt man die Wirkung der vorhandenen Muskelfasern als eine die Erhebung und das Hinabsinken der Samentasche unterstützende, dann lassen sich am leichtesten manche noch dunkle Punkte beweisen. Uebrigens kann ich, an betreffenden mikroskopischen Präparaten diese Angaben beweisen. An einem Präparate kann man auch sehen, dass die Königin eine Giftblase hat, was Dzierzon bezweifelte, aber schon Swammerdamm wusste. Wenn man die Ordnung in der Lage der einzelnen Theile nicht stört, so begegnet man ihr in dem Raume oberhalb der Samentasche, nach den Ovarien zu, ganz nahe bei der Samentasche. Diese etwas veränderte Lage ist wohl die Ursache des Dzierzon'schen Irrthums.

Ich wende mich nun, den Punkt a noch bei Seite lassend, zu b. Eines der zunächst liegenden und gewiss am ehesten zur Wirkung

kommenden Momente bei der Entleerung der Samentasche ist jedenfalls ein von hinten und unten die Samentasche nach oben und vorn emporhebender Druck, der wiederum auf verschiedene Weise von aussen her auf die Samentasche wirken kann. Wenn ich sage auf verschiedene Weise, so habe ich dabei die Besetzung der primären Bienenköniginzellen vor Allem vor Augen. Bei einer vorgenommenen Messung fand ich die Oeffnung der Drohnenzellen im Lichten 6, 7—8 Mm., die der Arbeiterzellen knapp 5—5½, die der ursprünglichen Schwarmzellen, in welche Königinneneier gelegt wurden, 5, 6—6½ Mm.*). Die Lichtung eines Ausschlüpfungslochs einer Königin in einer Nachschaffungsweiselwiege 7 Mm. weit. Leider bieten aber diese Messungen keinen festen Anhaltspunkt für uns dar. Denn es wechselt zuvörderst die Grösse des Luftloches, und des Loches zum Ausschlüpfen in Nachschaffungs- und Schwarmweiselwiegen wesentlich nach der Grösse und Länge der Wiege selbst und nach der

*) Herr Präsident Busch sagt, dass die Dehnung des Hinterleibes beim Legen von Eiern in die meist tieferen Drohnenzellen Einfluss auf das Unbefruchtetbleiben der abgesetzten Eier habe, vielleicht indem sich die Oeffnung des Receptaculum seminis schliesse und so kein Spermatozoon hervortreten könnte. Dass diese Dehnung in einzelnen Fällen Einfluss haben könnte, lässt sich nicht läugnen, denn unzweifelhaft muss durch dieselbe die Samentasche noch mehr nach hinten gedrängt und der Einmündungswinkel, den der Ductus ejaculatorius mit dem Eileiter bildet, um so spitzer, also das Hinderniss der Samenentleerung um so grösser werden. Bei nicht vollendeten Arbeiterzellen, welche vornehmlich gern von der Königin belegt werden, fällt diese Erklärungsweise freilich gänzlich weg, und sie kann auf Allgemeinheit keinen Anspruch machen. Es wird zuzusehen sein, ob der Legestachel bei Absetzung von Eiern in die eine Zellenart überhaupt mehr hervortritt, als bei Belegung der andern; je weiter er hervortritt, um so tiefer wird er die Samentasche, ohne ihre Richtung zu ändern, mindestens ohne hebend auf das Parenchym des untersten Körpersegments zu drücken, herabziehen; je weniger weit er hervortritt, um so mehr bleiben Theile von ihm im Körper der Biene und vermögen beim Drucke von hinten und unten her zugleich hebend mit auf die Samentasche zu wirken.

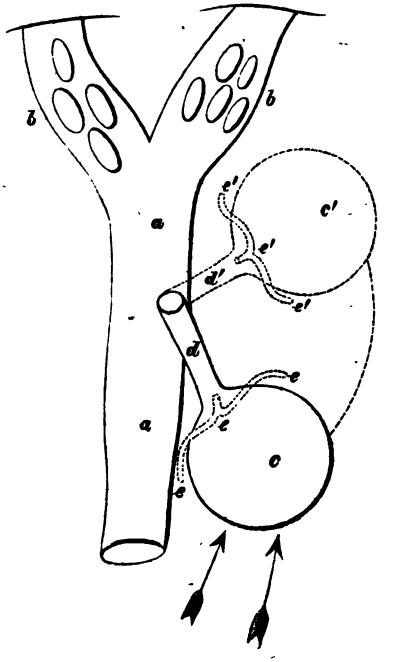
Grösse der darin enthaltenen und sich die genannte Oeffnung ausbeissenden Königin. In Betreff letzerer herrscht wiederum eine eben so grosse Verschiedenheit, und Herr v. Berlepsch versicherte mich, dass es Königinnen giebt, die so gross sind, dass ihr Hinterleib eine Drohnenzelle völlig ausfüllt, und wieder andere, deren Hinterleib nicht so dick ist als eine Arbeiterzelle. Was nun die Schwarmweiselzellen anlangt, die stets zu einer Zeit besetzt werden, wo sie erst zum geringeren Theile fertig aufgebaut sind, so kann man bei der Weite dieser im Anfange und im Grunde der Zelle sehr verdickten Zellen von einem Drucke auf die Samentasche, ausgeübt durch die gesammten Ränder der Zellenwände auf den untersten Theil des Hinterleibes der Königin von unten nach oben und von vorn nach hinten, wohl schwerlich reden und es unterliegt keinem Zweifel, dass das Emporheben der Samentasche auf andere Weise eingeleitet werden muss. Wahrscheinlich treten dann gewisse Bewegungen des Hinterleibes der Biene ein, welche hierbei vermittelnd und unterstützend wirken, deren Beobachtungen wir jedoch den Bienenzüchtern von Fach überlassen müssen. Jedenfalls hat hier die Lage der Weiselwiege am Rande der Wabe, die Oeffnung des Häuschens nach unten, also in einer von allen übrigen Zellen abweichenden Richtung, und ein Druck des Legestachels selbst von hinten und unten nach vorn und oben auf das Parenchym des Bienenhinterleibes und in ihm auf die Samentasche einen Einfluss. Es würde bei so wesentlichen Abweichungen in der Lage der primären Weiselwiege Unrecht sein, wenn man die Belegung der Schwarm-Weiselwiegen und die Belegung der Arbeiter- und der Drohnenzellen mit Eiern nach denselben äussern Modalitäten wollte eintreten lassen. Man erinnere sich bei dieser Frage daran, dass die Arbeiter- und Drohnenzellen belegt werden, indem die Königin ohne beträchtliche Biegung ihres Körpers über den Waben sitzt, also das Ei aus ihrem Körper herabgleiten lässt; die Schwarmweiselzellen aber, indem sie am Ende der Oeffnung der Zelle sich befindet, den Kopf nach auswärts gerichtet, den Hinterleib aber spindelförmig um den Rand in die Zelle hineinbringt, wie Herr v. Berlepsch mir freundlichst mittheilte. Es dürfte

hierbei durch diese sprenkelförmige Umbiegung um einen der festen und ziemlich dicken Ränder der Schwarmweiselwiege, — wenn anders, was wahrscheinlich ist, die Königin mit einem unterhalb der Samentasche belegenen Theile sich gegen die betreffende Abtheilung der Ränder anstemmt, ihn als Stützpunkt ihrer Bewegung gleichsam betrachtend — von dem betreffenden Stützpunkt aus ein hebender Druck von unten her auf die Samentasche ausgeübt, und durch die beiden gemeinsam wirkenden Momente (den hebenden Druck von unten her, und die sprenkelförmige Umbiegung des Hinterleibes) der Samenerguss und die Befruchtung ermöglicht werden. In wie weit die kürzere oder längere Hervorstreckung des Legestachels Einfluss auf die Erhebung der Samentasche habe — ein Umstand, der auch bei anderen Zellenarten in Berechnung gebracht werden müsste, — weiss ich nicht. Auch dies ist Sache der directen Beobachtung und es fragt sich dabei, ob die directe Beobachtung die Annahme a priori bestätigt, dass beim Belegen unvollendeter Zellen mit Eiern der Legestachel nicht vollkommen hervorzutreten braucht. Ich weiss wohl, dass die directe Beobachtung darüber, ob überhaupt beim Belegen der einzelnen Zellenarten hierin eine Differenz sich darbiete, unmöglich sein wird, wenn man nicht durch scharfe Schnitte aus randständigen Zellen der in den Beobachtungsstock eingefügten Waben, einen Theil der Zellenwand und so viel entfernen kann, dass man den Hinterleib der in der Zelle zum Eierlegen sich einsenkenden Königin zum Theil mindestens erblicken, und wenn man überhaupt Königinnen nicht zum Eierlegen in solche Zellen bringen kann.

Nachdem wir somit die Schwarmzellen der Weisel ausgeschieden und, wie wir hoffen, nachgewiesen haben, dass des Baues und der Lage dieser Zellen wegen bei der Betrachtung ihrer Belegung mit Eiern ein ganz anderer Gesichtspunkt eingehalten werden muss, als bei der Betrachtung der Arbeiter- und Drohnenzellen, wenden wir uns nun zur Betrachtung des Belegungsactes dieser Zellen mit Eiern. Es dürften wenige Erklärungsversuche des Umstandes, dass in Drohnenzellen unbefruchtete, in Arbeiterzellen befruchtete Eier abgesetzt

werden, gemacht worden sein, ohne dass man die Enge der letzteren und die Weite der ersteren als ein Erklärungsmoment mit herbeigezogen hätte. Auch den Druck, der von der engen Arbeiterzelle auf den Hinterleib der Biene ausgeübt wird (was bei der weiten Drohnenzelle nicht geschieht), hat man von jeher bei Erklärungsversuchen obigen Erfahrungssatzes zu verwenden versucht, obwohl sich schwerlich die weiter unten berührte Thatsache, dass eine befruchtete Königin in Ermangelung anderer Zellen auch Drohnenzellen mit Arbeitereiern belegt, jemals mit blosser Hinzuziehung des Druckes, den die sämmtlichen Zellenwände auf den Hinterleib der Königin ausüben, erklären lässt. Auch unser Versuch wird sich mit Druckverhältnissen, so wie mit der Zellenweite zu beschäftigen haben, wesentlich aber von den früheren Versuchen in der Annahme über die Druckrichtung, welche hierbei zu Tage tritt, abweichen. Denn während man bisher behauptete, die enge Zellenwand solle einen von oben her und von ringsum comprimirenden Druck auf die Samentasche in dem Moment ausüben, in welchem die Biene ihren Hinterleib in die enge Arbeiterzelle zwängt, so behaupten wir im Gegentheil, dass kaum der Druck der zarten Zellenwand auf die Samentasche je ein so kräftiger werden könne, dass er allein genüge, einen Samenaustritt aus der Tasche zu ermöglichen, um so mehr, da, wie schon Swammerdamm wusste, „das äusserste Gewand der Tasche mit unzähligen Luftröhren wunderbar durchwebt ist". Eben diese Umspinnung der Tasche mit Luftröhren, welche vielleicht auch zur leichteren Erhaltung des Samens in guter Beschaffenheit und Weiterentwicklung durch stätige Sauerstoffzufuhr beitragen mag, hat jedenfalls den Zweck, gewaltsamen Druck auf die Samentasche zu verhindern, indem durch die so gebildeten Luftpolster jeder etwa einwirkende Druck vermindert und gleichmässig über die Tasche vertheilt wird. Ich füge diesen Einwänden noch den hinzu, dass ein, wie gewöhnlich angegeben wird, von oben nach unten wirkender Druck die Samentasche nur nach hinten und unten drängen und die Winkelstellung des Ductus ejaculatorius derselben gegen den Eileiter nur vermehren, also ein grösseres Hinderniss des Samenaustrittes herbeiführen würde.

Betrachten wir die Durchmesserverhältnisse der Lichtung der Arbeiterzellen, und den Umfang des Hinterleibes der Eier legenden Königin, dann in der That liegt es nahe anzunehmen, dass die Königin, indem sie ihren conisch nach hinten zugespitzten, nach vorn an Dicke zunehmenden Hinterleib in die enge Arbeiterzelle hineinschiebt, das weiche Parenchym des Hinterleibes gleichzeitig sanft nach vorn und aufwärts drängt. Auf diese Weise wird die nach rückwärts gerichtete



Schematische Darstellung:

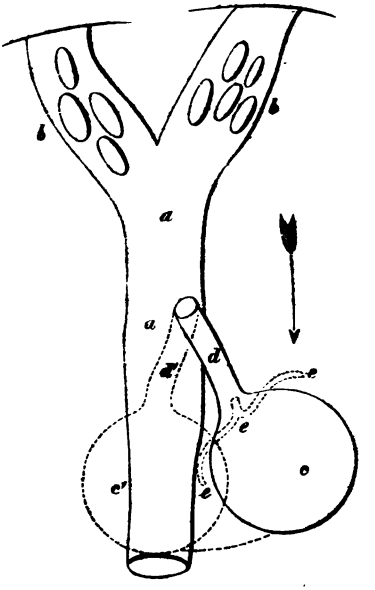
a = gemeinsamer Eierleiter,
b b = die Ausführungsgänge beider Eierstöcke,
c = die Samentasche in ursprünglicher Lage,
c' = die Samentasche bei von hinten nah vorn hebendem Druck,
d = der Ductus ejaculatorius der Samentasche in natürlicher Stellung,
d' = der Ductus ejaculatorius bei hebendem Druck,
e und e' = Anhangsdrüsen.

Samentasche ein wenig von unten nach oben und von hinten nach vorn in die Höhe gehoben, ihr Ausführungsgang aber so gestellt, dass er aus der bisherigen Stellung, in welcher er mit dem Eileiter einen

spitzen Winkel bildet, in eine Stellung übergeht, in der er immer mehr einen rechten Winkel bildet, und bei sehr vermehrtem Drucke auch sogar einen stumpfen Winkel bilden kann. (Dabei ist der unterhalb der Einmündungsstelle des Eileiters bis zum After belegene Theil des Eileiters als in beiden Fällen constant zu betrachten.) Aus den hier angedeuteten Verhältnissen ergiebt sich von selbst, dass die Entleerung theils von der veränderten Stellung des Ductus ejaculatorius der Samentasche, welche wiederum von der Kraft des hebenden Druckes, der auf die Tasche wirkt, regulirt wird, theils von der Füllung der Samentasche mit Samen und Secret der Anhangsdrüse abhängt. Es ist wohl überflüssig, daran zu erinnern, dass das Heben der Samentasche wohl durch obigen zarten Erhebungsmuskel (Levator) und das Herabbewegen durch einen Retractor oder Depressor gleichzeitig eine weitere Regulation erhält. Wenn der Samenvorrath auf lange Jahre aushalten soll, wie bei den Bienen geschieht, darf weder ein starker Compressionsmuskel (cfr. supra) da sein, noch darf der Levator allzu sehr die Tasche erheben, noch darf der Retractor gelähmt sein, noch endlich auch darf ein zu starker Druck, der nur unterhalb der Samentasche einsetzt, von vorn nach hinten und von unten nach oben wirken. In allen diesen Fällen würde der Same sofort in grösserer Menge, oder sofort auf einmal ganz ohne weitere Muskelbeihülfe, welche direct auf die Blase wirkt, entleert werden. Für die gewöhnliche Belegung der Arbeiterzellen mit Eiern reicht bei einer kräftigen, fruchtbaren Königin sicher schon das gewöhnliche Drängen des Parenchyms gegen die Samentasche, und das dadurch bedingte Erheben der Tasche für die Entleerung einiger Samenfäden und die Befruchtung hin; gegen das Ende der Befruchtungsfähigkeit hin mögen wohl auch die Muskelfasern, welche die Stelle eines Levator vertreten, mehr in Action treten können.

Wenn nun die Bienenkönigin ihr Ei in eine weite Drohnenzelle legt, dann findet bei der Weite der Zelle jedenfalls ein Aufwärtsdrängen des Parenchymes des Bienenhinterleibes gegen die schräg nach hinten gerichtete Samentasche statt, weil die Zelle viel zu weit ist, um mit ihren Wänden einen Druck auszuüben, dessen Wirkung

schon auf die hinterste Spitze des Bienenleibes sich zu äussern beginnt, am wenigsten aber an einem Punkte anheben könnte, der unterhalb der Samentasche liegt. Bei einem Hineinzwängen des Hinterleibs einer sehr grossen und dicken Königin in eine Drohnenzelle — falls die Königin etwa in eine fertig gebaute Drohnenzelle ihre Eier absetzen wollte — kann, sie mag sich dehnen wie sie will, ein Erheben der Samentasche nicht stattfinden, sondern es muss dieselbe eher noch mehr nach hinten gerichtet und noch tiefer hinabgedrängt



Schematische Darstellung:

a—c und d—e wie bei voriger Figur;

c' die Samentasche bei von hinten nach vorn wirkendem Druck (Herabdrücken).

werden gegen das Schwanzende der Königin, da der Druck auf den dicken Bienenleib jedenfalls erst an einer Stelle beginnt, welche nach vorn vor der Samentasche und über ihr liegt. Bei solchem Drucke weicht das beengte Parenchym theils nach hinten, theils nach vorne aus, eine Erleichterung der Erhebung der Samentasche aber ist hierbei nicht gegeben.

Dies mögen die gewöhnlichen Momente sein, deren Wirkung in der Mehrzahl der Fälle zur Erklärung ausreicht. Es fällt mir dabei nicht ein, zu behaupten, dass es die einzigen seien, welche wirken, und es mag auf die besondere Stellung des Körpers der eierlegenden Königin, auf die Art, wie ein Theil der Zellenwand, auf den die Königin besonders beim Einsenken in die zu belegende Zelle sich stützt, was mir unbekannt ist (vielleicht selbst bald auf einen mehr auf den Bauch, bald mehr auf die Rückseite der Königin bei diesem Anlegen oder Sichstützen ausgeübten Druck), einigermassen ankommen, ebenso wie auf die Thätigkeit der Muskeln der Samentasche und die Secretionsthätigkeit der Anhangsdrüse. Ich weiss sehr wohl, dass, wenn man nicht noch andere Momente herbeiziehen wollte, man sich das Belegen von Drohnenzellen mit Arbeiterbieneneiern (cfr. infra) nicht erklären könnte; aber ich denke, dieser Versuch, wenn anders die alten Swammerdamm'schen Angaben und die meinen richtig sind, kann uns einen Schritt vorwärts in Erkenntniss des Bienenlebens führen.

Wir wollen nun noch im Einzelnen einige Momente betrachten, die eine empirische Bestätigung meiner Annahme von der Action eines hebenden Druckes auf die Samentasche beim Abgesetztwerden befruchteter Eier abgeben.

1) Herr v. Berlepsch (cfr. v. Sieb. l. c. Nota auf pag. 79 u. 80) hat in Erfahrung gebracht, dass sehr gute Königinnen, wenn ihre Fruchtbarkeit auf die Neige geht, mehr oder weniger Drohneneier in Arbeiterzellen legen, ja sogar bei höchst fruchtbaren Königinnen kommt es gar nicht selten vor, dass einzelne Drohnen aus Arbeiterzellen mitten zwischen Arbeiterinnen auslaufen. Hier wollen, sagt v. Berlepsch, „doch sicher die Königinnen weibliche und nicht männliche unbefruchtete Eier legen. Wo bereits die Fruchtbarkeit im Erlöschen ist, kann nicht jedes Ei mehr befruchtet werden, weil das Receptaculum seminis nicht mehr gefüllt ist; bei vollkräftig fruchtbaren Königinnen mag auch wohl hin und wieder ein Ei, das befruchtet werden soll, unbefruchtet vorübergleiten, ein Spermatozoon sich nicht anhängen oder wieder verloren gehen, ehe es sich durch die Mikropyle in den Dotter bohren kann".

Diese so fasslich und gewiss treffend geschilderten Vorgänge könnten nur scheinbar einen Einwand gegen unsere Annahme geben; richtig gedeutet sind sie jedenfalls nur eine neue Stütze unserer Annahmen. Bei alten Königinnen, wo der Samenvorrath erschöpft, der Erguss des Anhangsdrüsensecrets nicht übermässig, kurz, wo die Samentasche nicht allzustark gefüllt ist, mag oftmals der beim Einsenken in die Arbeiterzelle von der Zellenwand auf das Parenchym des Hinterleibes ausgeübte Druck, welcher durch Drängen gegen die Samentasche ein Erheben derselben bewirken soll, nicht mehr im Stande sein, diesen Dienst zu leisten, die obere Hälfte der Samentasche über das Niveau der Einmündungsstelle des Ductus ejaculatorius in den Eileiter zu erheben, und die Tasche so zu stellen, dass der etwa in der unteren Hälfte noch angesammelte Samen leicht ausfliessen kann. Füllt sich nun nach einiger Zeit der Ruhe die Blase wieder mehr durch in die Blase abgesondertes, den Samen freilich etwas verdünnendes Anhangsdrüsensecret, dann fängt der Samenerguss wiederum von Neuem an, auch wenn die Erhebung der Tasche nicht allzu sehr gesteigert wird, und es tritt zeitweilig und noch so lange eine Befruchtung der abgesetzten Eier ein, bis der Same schliesslich durch allzu grosse Verdünnung an und für sich in seiner befruchtenden Kraft herabgesetzt wird.

Wenn eine vollkräftige Königin zuweilen auch unbefruchtete Eier in Arbeiterzellen legt, so mögen zum Theil die Momente, welche v. Berlepsch schon andeutete, wirken, aber auch wohl noch folgende eintreten, die es nicht nöthig machen, dass wir, der Instinktheorie huldigend, hier an einen Irrthum des Instinktes denken müssten. Es giebt jedenfalls, wie es hitzige Menschen giebt, so auch allzu hitzige Bienen, allzu hitzig mit dem Eierlegen beschäftigte Bienen. Ist bei einer solchen hitzigen Eierlegerin das Ei (ehe sie sich mit ihrem Hinterleibsende so tief oder überhaupt in einer solchen Stellung in die Arbeiterzelle eingesenkt hatte, dass die Zellenwand von unten her hebend auf die Samentasche wirken konnte) schon über den Einmündungspunkt des Ductus ejaculatorius des Receptac. seminis hinweg und bis an den Scheidenausgang getreten, so ist jedenfalls

auch das in die Arbeiterzelle gelangte Ei unbefruchtet gelegt worden und das nachfolgende bekommt vielleicht gar 2 Dosen, gesetzt den Fall, dass die Königin nicht schnell im Zellenbelegen wechselt, sondern zwei Arbeiterzellen hintereinander belegt. Es dürfte uns schliesslich daher nicht einmal sehr Wunder nehmen, wenn einmal eine Arbeiterin aus einer Drohnenzelle ausschlüpft, was freilich im normalen Stocke unter Millionen beobachteten Zellen v. Berlepsch nie gesehen haben will, da man annehmen könnte, dass das, wie angedeutet, bei dem Austritt des vorigen Eies unbefruchtet gebliebene Ei seinen ihm bestimmten Samentheil in der Scheide zurückgelassen hatte und nun unversehens, wenn das Einsenken des Legestachels in die Drohnenzelle sofort auf das Einsenken in eine Arbeiterzelle folgt, der Same an das in letztere einzulegende Ei vor dessen Austritt aus der Scheide übertrat. Ja es giebt vielleicht noch eine Möglichkeit, wie es kommen dürfte, dass eine allzu hitzig legende Königin unbefruchtete Eier in Arbeiterzellen legen kann. Darf man nicht auch annehmen, dass zuweilen ein allzu hitziges oder allzu anhaltendes Belegen allzu vieler Arbeiterzellen mit befruchteten Eiern, vielleicht zumal in der ersten Legezeit im Frühjahr stattfindet, wo im normalen Stocke die Drohnenzellen noch fehlen, und zumeist Arbeiterzellen erbaut sind? Macht da nicht eine momentane Erschöpfung an Samenvorrath sich wahrscheinlich und ein Belegen der Arbeiterzellen mit Drohneneiern, d. h. mit unbefruchteten Eiern aus diesem Grunde sich erklärlich? Nach Hofmann tritt im Eierlegen eine Pause ein, wenn 6—7 Eier gelegt sind. Es ist also wahrscheinlich, dass solch eine Pause, sie währe länger oder kürzer, zur grössern Anfüllung der Samentasche mit Anhangsdrüsensecret und dadurch erleichtertem Samenaustritt nöthig sei. Später legen die Bienen wohl bald in die, bald in jene Zellenart abwechselnd ihre Eier ein; nicht aber wohl eine Zeitlang nur in Drohnen- und dann nur in Arbeiterzellen. Der Moment, wo sie in Drohnenzellen legen, ist ein Moment der Ruhe und erneuter Anschwellung der Samentasche. Es ist bedauerlich, dass wir im Einzelfalle, beim Einzelindividuum nie genau darüber ins Klare werden kommen können, in welcher Weise die Anfüllung

der Samentasche (ihr Umfang) vom Frühjahr gegen den Winter hin abnimmt, und wie viel hierbei die Absonderung der Anhangsdrüse mitwirkt. Dabei darf man nicht übersehen, dass die etwaige fernerweite An- und Abschwellung der Tasche, nach einmal erfolgtem Sameneintritt auch ein Ergebniss der den Zellenwänden inne wohnenden Elasticität und elastischen Contractilität ist, wozu es keiner besondern Muskulatur bedarf.

Hofmann will endlich bemerkt haben, dass der Königin das Eierlegen bald leichter, bald schwieriger zu werden scheint, und dort 6, hier 30 Secunden der Königin Hinterleib in der Zelle verweile, dieselbe auch, ehe sie die Zelle belege, in dieselbe blicke. Es wäre interessant zu wissen, ob etwa eine Königin überhaupt schneller die eine Art Zellen belege, als die andere?

2) Herr v. Berlepsch, dem ich für Uebersendung verschiedenen Materiales zur Untersuchung, so wie für freundliche Belehrung über brieflich an ihn gestellte Anfragen zu aufrichtigstem Danke verpflichtet bin, theilte mir u. A. mit: „Zwingt man eine Königin, der man nur Drohnenzellen giebt, zum Belegen dieser Zellen mit unbefruchteten Drohneneiern, so legt sie anfänglich, weil sie passende Zellen für weibliche Eier, die in einem Stocke immer längere Zeit vor den Drohneneiern gelegt werden, nicht findet, gar nicht, lässt ihre Eier fallen, und nur erst nach Tage langem Zögern bequemt sie sich, die Zellen mit Eiern zu besetzen, aus denen sich aber gewöhnliche Arbeiterinnen entwickeln, ohne dass diese etwa grösser oder dicker würden, niemals aber Drohnen entwickeln.“ Man muss zugeben, dass bei der bisherigen Annahme eines von oben her wirkenden Druckes auf den Bienenhinterleib beim Einsenken desselben in die Drohnenzellen diese Thatsache sich nicht begreifen oder erklären lässt, während dieselbe ganz gut sich verstehen lässt, wenn man annimmt, dass bei der Samenentleerung aus dem Receptaculum ein irgend wie bedingtes Aufsteigen der Samentasche nach vorn und oben eintritt, sei es durch einen hebenden, von hinten her wirkenden Druck oder durch eine eigene, diese Bewegung unterstützende Muskulatur, oder durch eine Ueberanfüllung der Samentasche mit Flüssigkeit,

wobei die vordere Hälfte der Samentasche über das Niveau der Einmündungsstelle des Ductus ejaculatorius in den gemeinsamen Eileiter nach vorn hinaufragen würde. Eine solche Ueberanfüllung wäre im vorliegenden Falle gewiss kein unphysiologischer Vorgang. Denken wir, dass die Königin, sicherlich ein an gewisse Brunstzeiten gebundenes Thier, zur Zeit, wo ihre Legezeit für befruchtete Eier beginnt, gezwungen wird, den Samen, den sie sich entleeren muss, zurückzuhalten, dann liegt es gewiss auch nahe anzunehmen, dass dieser unbefriedigte Reiz wirklich reizend auf die mit der Samentasche zusammenhängenden Organe wirkt, die in jener Zeit ebenfalls zu besonderer Thätigkeit angeregt sind. Dies gilt nun besonders von den Anhangsdrüsenschläuchen, die in jener Zeit gewiss reichlicher den Samen verdünnendes Secret absondern, als ausser der Eierlegezeit. Da aber das Secret nicht verwendet werden kann, und bei der öfters erwähnten Stellung des Ductus ejaculatorius nach rückwärts in die Samentasche treten muss, so wird sich die Samentasche immer stärker füllen. Ist sie endlich so weit gefüllt und ausgedehnt, dass ihre oberste Spitze etwas über dem Niveau des Ausführungsganges steht, dann vermag auch eine kleine Masse Samen nach einfachen Druck- und Fallgesetzen die durch die Stellung des Ductus ejaculatorius bedingten Hindernisse zu überwinden und es können dann Samenmassen bis zu einem gewissen Grade und für eine gewisse Zeitdauer jedenfalls austreten. Man wird übrigens die Richtigkeit dieser Annahme leicht prüfen können; man hat nämlich nur nöthig, eine Königin, wie oben angegeben, zu behandeln, ihr Drohnenwaben vorzulegen, und sie zu seciren, sobald sie nach überwundenem Aerger befruchtete (Arbeiter-) Eier in die Drohnenzellen zu legen beginnt. Denen, welchen die Zeit der Befruchtung ihrer Königin, ebenso wie die durchschnittliche Grösse der Samentasche nach der Befruchtung bekannt ist, würde es leicht werden, anzugeben, ob die Samenblase mehr als gewöhnlich angefüllt ist. Entomotomen müssen genau auf das äusserste Niveau der Samentasche nach vorn und oben achten, und es mit dem Niveau der Einmündungsstelle des Ductus ejaculatorius in den Eileiter vergleichen.

3) Einen weiteren Beleg für unsere Annahme finden wir in einer Beobachtung des Herrn v. Berlepsch, die v. Siebold l. c. pag. 85 und 86 citirt und welche der Bienenzeitung No. 7, Jahrgang 1855, entnommen ist. Es heisst daselbst: „Berlepsch fing im Mai 1854 eine alte, fruchtbare Königin ab, und sperrte sie in einen kleinen Weiselkäfig, um sie später nach Herstellung einer neuen Bienenkolonie dieser einzuverleiben. Sie befand sich im normalen Zustande und hatte bis dahin die erforderlichen Drohnen und Arbeiter erzeugt. Als v. Berlepsch das in einem Falz laufende Kläppchen des Weiselkäfigs zuschieben wollte, quetschte er die Königin am Hinterleibsende so bedeutend, dass sie den ganzen Hinterleib wie eine gestochene Biene zusammenzog und nachschleppen liess. Er hielt die Biene anfänglich für verloren, gab sie jedoch, als sie nach einer Stunde noch lebte, und wieder gestreckt und ruhig da sass, ihrem Volke zurück. Sie legte nach wie vor Tausende von Eiern, aber aus allen entwickelten sich von nun an Drohnen. Leider wurde die Biene nicht secirt, sobald v. Berlepsch ihre Drohnenbrütigkeit gewahr wurde, und es kann also nicht angegeben werden, ob ihr Samenbläschen noch vorhanden und normal gefüllt war. Als v. Berlepsch, der die Section verschoben hatte, sie endlich vornehmen wollte, war die Biene weg. v. Berlepsch selbst und Präsident Busch wussten sich den Fall nicht zu erklären; aber der Gehülfe des Herrn v. Berlepsch, Günther, meinte, vielleicht sei das Receptaculum zerdrückt und vernichtet worden. v. Berlepsch hält Letzteres für höchst unwahrscheinlich, da ein Zerdrücken des regelmässig sehr festen Receptaculi zwischen den so weichen es umgebenden Theilen des Leibes der Königin, ohne dieser selbst schnell den Tod zu bereiten, nicht wohl möglich sein dürfte, und dass eher nur die Organe, die beim Schliessen und Oeffnen der Mündung, oder beim Zurückziehen und Vorbringen des Receptaculi thätig sein mögen, gelähmt, gesteift etc. wurden. v. Siebold spricht sich gutachtlich dahin aus, dass das mit Samen gefüllte Receptaculum seminis an seiner Einmündungsstelle von dem Eileiter abgerissen wurde, wornach die auf diese Weise verletzte Königin nicht mehr im Stande

war, ihre Eier beim Legen zu befruchten, und also nur unbefruchtete, mithin männliche Eier legen konnte."

Ich übergehe den Einwurf, der sich gegen letztere Annahme von selbst aufdrängt, ob nicht eine so schwere, innere Verletzung der Biene, wenn sie auch nicht das Leben der Biene sofort vernichtet hätte, doch nicht mindestens (cfr. infra c) wesentliche Störung, ja völligen Stillstand im Eierlegungsgeschäft hätte hervorbringen müssen, und will lieber auch dieses Factum rein von mechanischem Gesichtspunkte aufzufassen suchen. Die in dem eben citirten Falle zur Wirkung gekommene Gewalt konnte nur auf dreierlei Weise gewirkt haben:

a. Die Klappe des Weiselkäfigs, welche doch wohl wahrscheinlich senkrecht auf den Hinterleib der Biene aufiel und ihn somit presste, fiel auf einen Punkt des Bienenhinterleibes, ihn klemmend und pressend auf, der nur wenig oberhalb der Samentasche sich befand. Alsdann war es möglich, dass die Samentasche so weit gewaltsam nach abwärts gedrückt wurde, dass die Samentasche kaum je sich wieder in ihre normale Stellung empor richten konnte und dass der beim Einbringen ihres Hinterleibes in Arbeiterzellen auf letzteren ausgeübte, hebende Druck nicht mehr das Hinderniss des Tiefstandes überwältigen konnte. Es war dann dieser von hinten und unten her auf die Tasche wirkende, hebende Druck auch nicht mehr im Stande, den Samen durch den in scharfem Winkel gebogenen, an der Biegungsstelle mehr verschlossenen und zusammengedrückten Ausführungsgang vor- und aufwärts nach dem Eileiter hin zu treiben.

b. Es konnte aber die Klappe des Weiselkäfigs auch senkrecht auf den Querdurchmesser des Bienenhinterleibes gerade über dem Punkte pressend drücken, unter welchem die Samentasche lag, und sie so rein ausdrücken, ohne sie zu zerdrücken.

c. Es konnte endlich auch die Klappe, die in angegebener Richtung wirkte, ganz nahe unter und hinter der Samentasche, also unmittelbar auf der Schwanzspitze eingesetzt und so stark drückend und pressend nach oben gewirkt, die Samentasche weit nach oben gedrängt, und über das Niveau der Einmündungsstelle ihres Aus-

führungsganges in den gemeinsamen Eileiter hoch erhoben haben, was natürlich den ganzen Samen dann leicht ausfliessen gemacht hätte. Möglich wäre es selbst, dass bei enormer Erhebung der Samentasche der Ausführungsgang von der Samentasche oder von dem Eileiter abgerissen wäre. So unwahrscheinlich dies ist, so wäre dies doch noch leichter möglich, als v. Siebold's Annahme eines Abreissens des Ausführungsganges bei seiner Einmündung in den gemeinsamen Eileiter. Ein Abreissen der Samentasche oder ihres Abzugskanales von dem Eileiter wäre nur dann leicht gewesen, wenn die Klappe die Biene in der Längsrichtung ihres Hinterleibes gefasst, und dabei statt senkrecht in einer schrägen Richtung von Innen und von der Mitte nach dem äussern Rande des Bienenhinterleibes zu gewirkt hätte. Die Biene konnte zwar, wie aus einer brieflichen Mittheilung des Herrn v. Berlepsch an mich de die 13. Juni 1857 hervorgeht, bei einem solchen Abreissen des Ausführungsganges der Samentasche vom Eileiter noch leben, da eine Königin, welcher Leuckart in Seebach mit einer Pincette den Ductus ejaculatorius weggerissen hatte, noch 13 Tage lebte; aber es ist die weitere Beobachtung, dass diese letztere Königin gar keine, auch keine unbefruchteten oder Drohneneier mehr legte, ein neuer Beleg für meine Annahme, dass im v. Berlepsch'schen Falle schwerlich ein solches Abreissen des Ductus ejaculatorius stattgefunden haben dürfte, da hier ja ein Eierlegen unbefruchteter Eier, also Drohnenbrütigkeit fortdauerte. Ich kann daher nicht glauben, dass der v. Siebold'sche Deutungsversuch ein richtiger ist, und nehme vielmehr an, dass es das Einfachste und Wahrscheinlichste ist, wenn man sagt, es wäre Punkt a eingetreten oder es hätte die Klappe den äussersten Hintertheil der Königin gefasst, die Samentasche allzu stark nach oben gehoben und so den Inhalt derselben auf einmal austreten lassen, somit in einem Momente die Erschöpfung der Samentasche an Samen erfolgte, wozu sonst Jahre nöthig sind.

4) Man darf bei der Frage, um die es sich hier im Allgemeinen handelt, nicht vergessen, dass das gewöhnliche Eierlegen in Drohnenzellen, wobei ein Druck von unten und hinten nach oben und vorn und ein Emporheben der Samentasche nicht stattfinden, den Tief-

stand der Samentasche durch das Drücken der im Eileiter dahingleitenden Eier von vorn und oben nach unten und hinten eher vergrösserte, die Winkelbiegung des Samenausführungsapparates vermehren, und den Samenaustritt erschweren muss und dass diese Uebelstände beim Eierlegen in die Arbeiterzellen durch den Druck der Wände dieser Zellen auf die Samentasche von hinten und unten nach vorn und oben und das oft besprochene Emporheben der Samentasche nach vorn und oben beseitigt werden.

5) Einen Haupteinwurf gegen die, welche das Befruchtetwerden der in Arbeiterzellen gelegten Eier von Druckverhältnissen herrühren lassen, stützt Hofmann (die Bienenzucht, Wien 1854, pag. 24) auf die Beobachtung, dass zuweilen eine Königin ihre weiblichen Eier in rudimentäre Zellen legt, und hier doch kein Druck auf die Samentasche stattfinden könnte. Auf briefliche Anfrage deshalb versichert mir Herr v. Berlepsch, dass er oft die Königin in rudimentäre Zellen vor seinen Augen Eier legen sah, wenn andere, fertige Zellen fehlten. Er bemerkt dabei freundlichst auf meine Anfrage über die Grösse solcher rudimentärer Zellen, dass es sich da um halbfertige, ja um ein Drittheil fertige Arbeiterzellen gehandelt habe. Nie kamen aus solchen Zellen, wenn eine befruchtete Königin das Legungsgeschäft besorgte, Drohnen, sondern stets Arbeiterinnen hervor. Auch bleibt, wie Herr v. Berlepsch genau beobachtet hat, und mir auf desfallsige Anfrage gleichfalls mittheilte, der Vorderleib etc. der Bienenkönigin beim Eierlegen in die rudimentären Zellen in demselben Niveau, in welchem sich der genannte Bienenkörpertheil beim Eierlegen in die gleichartigen, ausgebauten Zellen derselben Wabe befand und niemals steigt die Biene beim Eierlegen in rudimentäre Zellen unter das entsprechende Niveau und mit dem Hinterleib, oder mit dem ganzen Körper tiefer, als sie beim Eierlegen in fertige Zellen thut, hinab. Es will, da sie dies nicht thut, scheinen, als ob sie dies auch nicht nöthig habe. Es kommt bei Betrachtung dieser Frage einzig und allein darauf an, ob die betreffende, mit einem Ei belegte Arbeiterzelle mindestens eine solche Höhe hatte, dass die Königin, um ein Ei abzusetzen, ihren Hinterleib in dieses Zellenrudiment bis

zu dem Punkte unterhalb der Samentasche einsenken musste, wo die Zellenwand einen Druck von unten und hinten her auf das Parenchym des Hinterleibes der Königin auszuüben beginnt, und wo dann selbstverständlich ein Emporheben der Samentasche, wie oben angegeben, und eine Entleerung kleiner Samenmengen statt zu finden pflegt. Dass diese Druck- und Hebelverhältnisse auch in einer sehr niedrigen nur zum dritten Theil fertigen Zelle wirken können und wirken werden, dürfte wohl mit Recht angenommen werden, da selbst hier die Biene möglichst tief hinabsteigen muss an den Boden der rudimentären Zelle, weil das so ausserordentlich weiche Ei jedenfalls Schaden leiden würde, wenn sie es gleichsam aus freien Stücken eine Strecke frei hinabfallen liesse. Hofmann hat ganz Recht, sich gegen die Annahme eines Druckes auf die Samentasche im bisherigen Sinne auszusprechen; denn ein Druck von oben nach unten auf die Samentasche durch die Zellenwände ausgeübt, würde nur, wie schon bei 4) erwähnt ist, die Tieferstellung der Samentasche vermehren, eine schärfere Winkelbeugung des Samenausführungsganges, nahe zu eine Knickungsstellung und an der Stelle, wo die stärkste Knickung stattfindet, einen Verschluss des Ausführungsganges herbeiführen, also ein Nichtbefruchtetwerden der Eier oder eine Drohnenbrütigkeit der Biene zu Wege bringen. Ganz anders aber werden die Verhältnisse, wenn wir durch die Zellenwand einen Druck von unten nach oben auf die Samentasche wirken und ein Emporheben der Samentasche eintreten lassen.

Es blieben vor der Hand noch vergleichsweise Messungen des Umfanges des Hinterleibes der Bienenkönigin von ihrer äussersten Schwanzspitze bis zu der Gegend übrig, unter welcher die Samentasche belegen ist; so wie die Prüfung meiner Angabe, dass die in der Umgebung der Samentasche aufgefundenen Muskelfäserchen in der That als Levatores und Retractores oder Depressores wirken. Ich bin fest überzeugt, dass den Physiologen diese Deutung sofort in die Augen gesprungen sein würde, wenn sie die Stellung der Samentasche gegen den Eileiter richtig ins Auge gefasst und sich auch hierbei genau an das Original bei Swammerdamm gehalten hätten.

Um gerecht gegen die Vergangenheit zu sein, wäre hier zu erwähnen, dass schon Huber, Riem und Goeze sich gegen die Annahme aussprechen, als ob die Königin beim Eierlegen wisse, was sie für Eier legt, wenn dabei auch fast Alle falsche Ansichten über die Beschaffenheit der Eier selbst hatten, die sie verschieden an Gestalt, Grösse u. s. w. sein liessen.

Huber sagt: Der Königin hat die Natur nicht die Wahl gelassen, welche Sorte von Eiern sie legen soll, sondern das Legen der männlichen und weiblichen Eier, die schon im Eierstocke verschieden geordnet liegen, ist an gewisse Zeiten gebunden. „Ich überlasse mich gar nicht dem Vergnügen, der Königin die Vorauswissenschaft oder Unterscheidungskraft zuzugestehen, denn sonst entdeckte ich eine Art von Ungereimtheit in ihrem Betragen. Wenn sie sich weigerte, Arbeitsbieneneier in die grossen Zellen zu legen, darum, weil die Natur sie gelehrt hatte, dass die Grösse dieser Zellen nicht proportionirlich zur Leibesgrösse (taille) oder zu den Bedürfnissen der gemeinen Maden seien: warum sollte sie solche nicht gleichmässig gelehrt haben, dass sie nicht mehrere Eier in eben diese Zelle legen müsse? Es schien wohl viel leichter zu sein, eine einzige Arbeitsbienenmade in einer grossen Zelle zu erziehen, als die Erziehung mehrerer von derselben Sorte in einer kleinen Honigzelle zu besorgen.“ Es ist deshalb die vermeintliche Unterscheidungskraft der Königin nicht sehr aufgeklärt (Huber 8. Brief, §. 207), „während wir zuvor im 3. Brief Huber's ihn noch der Ansicht Reaumur's huldigen sehen, und wir im §. 103 lesen: „Allein die Natur hat dem Weibchen selbsten genugsamen Trieb eingepflanzt, um zu empfinden, von welcher Gattung das Ei sei, welches sie legen würde, um es in die ihr gehörige Zelle abzusetzen, was schon der Herr v. Reaumur beobachtet hatte.“ Nach Riem wollte Reaumur, der für alle drei Arten Bienen besondere Eier annahm, beobachtet haben, dass sich die Bienen nie in der Ablage irrten, und dass der Königin die Wissenschaft des Vorempfindens, welches Geschlechtes Ei sie legen würde, zuzuschreiben sei, um welche Wissenschaft sie das Frauenzimmer beneiden dürfte. Doch kann Riem nicht unterlassen, hinzuzufügen: „wer das jetzt

noch glauben will, glaube es, es konnte zwar für Reaumur's Zeit gelten; meine Erfahrungen bezeugen und überführen mich eines ganz andern.“ An einer andern Stelle sagt Riem noch: „Ausser Reaumur hat es auch wohl nicht leicht ein Deutscher geglaubt, dass die Mutterbiene wisse, welches Geschlechtes Ei sie legen würde?“ Ich dächte, bei der jetzigen Annahme v. Siebold's eilten wir Deutschen schnurstracks darauf zu, das im vorigen Jahrhundert hier Versäumte nachzuholen.

Am klarsten spricht sich der bekannte Pastor Goeze gegen dieses Vorherwissen aus bei Uebersetzung jener Bonnet'schen Stelle, wo es heisst: „Die Königin weiss nach ihrem Naturtrieb genau, was sie für ein Ei legen will, und wird sich nicht irren.“ Dies ist erstaunlich, sagt Goeze. Dies aus einem blossen Naturtrieb zu erklären, ist mir unbegreiflich. — Bei so viel tausend Eiern sich nicht einmal zu irren, wie richtig muss das Gefühl, wenn es anders eins ist, wie richtig die Empfindung sein?

Der letzte Schriftsteller, welcher sich im Sinne von Huber, Riem und Goeze ausspricht, ist Franz W. Hofmann in seinem Werkchen: „Die Bienenzucht, 1854“, der freilich es noch zweifelhaft sein lässt, ob befruchtete Königinnen auch Drohneneier legen, der der jungfräulichen Königin, die also unbefruchtet geblieben, die Fähigkeit, Drohneneier zu legen, abspricht, und alle Drohneneier von den Arbeitern, die jedoch alsdann durch die kleinen Drohnen (Männchen) befruchtet wurden, gelegt werden lässt. „Es wäre eine naturwidrige Willkür“, sagt Hofmann, „wenn die befruchtete Königin, wie Viele es behaupten, zweierlei Eier legen könnte, solche für Arbeiter und Königinnen und solche für Drohnen, indem sie das Arbeiterbienenei während des Durchgangs in die Legescheide aus dem Samenbläschen befruchtet, und das Drohnenei unbefruchtet vorüber gehen lässt. Manche wollen das dadurch erklären, dass der Hinterleib der Königin beim Einsenken in die enge Zelle der Arbeitsbienen einen Druck erleide, wodurch die befruchtende Flüssigkeit aus dem Bläschen heraus gedrückt und das Ei dadurch befruchtet würde, dagegen

aber in den weiten Drohnenzellen nicht befruchtet werden kann, weil hier kein Druck stattfindet (man vergesse nicht, dass es sich hier um einen Druck von oben nach unten handelt K.); dann aber müssten aus den Eiern der Königin in Schwarmweiselwiegen, da hier kein Druck stattfindet, Drohnen entstehen. — Eine Theilung der Samentasche (eine Abtheilung für männliche, eine für weibliche Eier) giebt es auch nicht, wie man sieht, wenn man den Inhalt der Samentasche gerinnen lässt, wo das Gerinsel einen einzigen Ballen darstellt. Und selbst hier", fährt Hofmann fort, „wäre es unbegreiflich, wie die Königin da noch willkürlich von diesem oder jenem Vorrathe verwenden könnte. Andere Thiere legen unwillkürlich wechselnd Eier für beide Geschlechter an denselben Ort; es müsste (da aller drei Bienenformen Eier in verschiedenen Zellen liegen) aber in der Königin Willen liegen, diese oder jene Sorte zu legen. Nun aber sind aller drei Arten Eier hier gleich gross und gleich gestaltet und die Königin kann beim Legen selbst noch nicht wahrnehmen, dass das eine oder das andere Ei in diese oder jene Zelle gehöre. Sollte aber wirklich eine befruchtete Königin willkürlich für beide Geschlechter Eier legen können, so sind die bisher angeführten Gründe nicht ausreichend, um das Gesehene zu erklären und weitere Forschungen müssen zeigen, ob dies unwiderlegbar erklärt werden kann." Auch Busch (die Honigbiene, Gotha 1855) sagt pag. 63 ff.: „Dzierzon schreibt der Mutterbiene das Vermögen zu, 1) zu erkennen, dass sie sich auf Drohnenzellen befinde und 2) zu beschliessen, dass in dieselben solche Eier kommen sollen, welche aus dem Samenbehälter nicht befruchtet werden, also Eier zu Drohnen. Um dieses zu bewirken, soll sie ihrem Leibe nun eine solche Richtung geben, dass die vorübergehenden Eier aus jenem nicht benetzt werden und folglich männliche bleiben. Abgesehen davon, dass man dann der Mutterbiene mehr als Menschenverstand zuschreiben müsste, so ist überdiess wahrscheinlich, dass das Heraustreten der Samenfeuchtigkeit aus der Mündung des Bläschens nicht durch die Willenskraft der Königin, sondern durch den mechanischen Druck vermittelt wird, den das vorbeigehende Ei hervorbringt." (Dann müsste aber

doch bei gleich grossen Eiern jedes in gleicher Weise drücken, und aller Eier Vorbeigehen Samenaustritt bedingen, also alle Eier befruchtet werden. K.) „Vielleicht", fährt Busch fort, „wendet man mir noch ein: man brauche hier nicht von Willensvermögen, sondern bloss von einem Instinkte der Mutterbiene zu reden, der sich dann rege, wenn sie in Drohnenzellen zu legen im Begriffe stehe; aber darauf entgegne ich, dass ihr ein solcher Instinkt nicht beiwohnt, weil, wenn dieses der Fall wäre, jener sie auch dann hätte leiten müssen, als sie Gundelach nöthigte, in Drohnenzellen zu legen." Und pag. 102, wo Busch eine periodische Entwicklung von Drohneneiern im Eierstock annimmt, sagt er: „Es möchte die Vermuthung gestattet sein, dass die Mutterbiene in Folge einer durch die Entwickelung der Drohneneier am Eierstocke hervorgerufenen oder beim Abgehen derselben sich einstellenden Empfindung und folglich instinktmässig angetrieben werde, in die offenbar weiteren Drohnenzellen zu legen. Erwiesen ist, dass die Mutterbiene Drohnen- und Bienenzellen zu unterscheiden vermag." Aus dem Widerspruche, der an diesen zwei letztgenannten Stellen desselben Autors sich findet, sieht man deutlich, wie vergeblich sich die Autoren abgemüht haben, hier klar zu sehen; man sieht aber auch aus diesem Allem, wie viel gerade in dieser den gebildeten Laien, wie den Physiologen gleich interessirenden Frage noch zu thun ist. Möchte es mir gelungen sein, das „Warum?" der Thatsache, dass die Königin, ohne es zu wissen, ohne es zu beabsichtigen, nicht instinktmässig in Drohnenzellen unbefruchtete, in Arbeiterzellen und Schwarmweiselwiegen befruchtete Eier legt, nachzuweisen; möchte ich im Stande gewesen sein, dargethan zu haben, dass nicht die Willkür der Königin, sondern anatomisch-physikalische Momente hierbei vorwaltend wirken. Dem Physiologen und Zoologen von Fach wird es weiter von Interesse sein, dass er unter den Gegnern der von Siebold und Dzierzon angenommenen, bewussten Eierlage der Bienenkönigin den aufgeklärten, scharfblickenden Goeze schon findet, dem wir erst ehelängst auch in diesen Blättern (bei der Cysticercenfrage) als dem Verfechter einer Idee begegneten, die lange vergessen, grosses Aufsehen machte, als

v. Siebold sie von Neuem aussprach und ihr „Warum“ zu finden suchte; eine Idee, die durch meine Experimente auf leichte und sichere Art einen Beweis fand. Die kaiserl. carolin. Academie hat mir bei der Aufnahme in ihre Mitte den Namen dieses „Goeze“ ertheilt, und ich glaube dadurch, dass ich verkannte Wahrheiten dieses Autors zu verfechten suche, zugleich eine Pflicht der Dankbarkeit gegen den, dessen Namen ich trage, zu erfüllen. Indem ich in Obigem eine, der Forschung der Gegenwart gewiss ebenso bedürftige, als werthe Streitfrage berührte, behalte ich mir vor, im nächsten Hefte eine vergleichsweise und, wenn die geehrte Redaction es wünscht, durch Abbildungen erläuterte Betrachtung der Stellung der Samentasche gegen den Eileiter bei verschiedenen, den Bienen nahe verwandten Hymenopteren zu geben. Am Schlusse fühle ich mich noch zum Danke gegen Herrn Hofmann in Wien für Uebersendung einer befruchteten Königin in Spiritus, so wie gegen den Herrn Pfarrer Dzierzon in Carlsmarkt in Schlesien, und den in meiner Nähe wohnenden Bienenzüchter, Herrn Göhde, für Uebersendung lebender Königinnen, bei denen der Gegenstand am besten uns klar wird, verpflichtet.

Zittau im Juni 1857.

Nachschrift vom 20. October 1857.

S. 254. Es würde äusserst interessant und für Entscheidung unserer Streitfrage vom grössten, ja von entscheidendem Werthe sein, wenn man die von einer, wie unten angegeben behandelten Königin freiwillig abgegangenen Eier sammelte, in verschiedene Zellenarten brächte, in den Stock zurückgäbe und zusähe, ob man Arbeiter oder Drohnen aus ihnen erziehen könnte. Da hier kein hebender Druck stattfinden dürfte, so müssten, nach bisheriger Annahme, Drohnen entstehen, oder es müsste, falls Arbeiter daraus entständen, der Samenaustritt entweder in der Weise zu Stande gekommen sein, wie wir oben S. 255 darlegten, oder es müsste, falls bei freiwilliger Eierlage ein Berühren des Bodens mit dem Lege-

stachel stattfände, diese Berührung genügen, die bulbusähnliche, stark muskulöse Anschwellung an der Wurzel des Stachels gegen das Parenchym des Hinterleibes zurückzudrängen und so die Samentasche zu erheben. Schneller würde man über die angeregte Streitfrage freilich noch hinwegkommen, wenn man Samenfäden in solchen Eiern fände. In diesem Falle müssten die letztgenannten Momente als Ursachen des Samenergusses gewirkt haben.

S. 256 und folgende. In der am 8. October 1857 ausgegebenen N°. 19 des 13. Jahrganges der Eichstädter Bienenzeitung findet sich ein Verfahren des Dr. Dönhoff angegeben, normal fruchtbare Königinnen künstlich drohnenbrütig zu machen, welches durch die oben sub 3 von v. Berlepsch erzählte Erfahrung hervorgerufen war. Dönhoff drückte die letzten beiden oberen Hinterleibsringe einer Königin mit einer Pincette von beiden Seiten mehrmals kräftig zusammen, so dass Alles, was zwischen diesen Ringen lag und nicht ausweichen konnte, gequetscht werden musste, wobei der letzte Hinterleibsring seine gewölbte Gestalt verlor. In einem Falle wurde die Königin alsbald drohnenbrütig, im zweiten Falle gelang es erst nach einem zweiten Quetschversuche. Die letztgenannte, drohnenbrütig gewordene Königin legte die Eier gleichzeitig sehr unregelmässig, nur wenige auf den Boden der Zelle, mehrere gewöhnlicher an die Seitenwände. Ueberhaupt setzte sie ganze Eierhäufchen in eine Zelle ab, oder es blieben selbige auch am Scheidenausgang hängen. R. Leuckart hatte die Section der letztgenannten Königin gemacht, und darüber Folgendes brieflich an Dönhoff mitgetheilt: „Weder Samengang, noch Nerven waren verletzt, noch auch die Muskulatur der Scheide und des Legeapparates. Es bleibt Nichts übrig, als eine theilweise Lähmung des letzten oder der letzten zwei Ganglien, welche die Endtheile des Geschlechts- und Legeapparates, so wie den Mastdarm versorgen, anzunehmen. Alle diese Theile haben offenbar durch den Druck gelitten, der, wie auch die Deformität des letzten Hinterleibssegmentes zeigt, gerade in einer Richtung ausgeübt wurde, dass dadurch die genannten Ganglien getroffen werden mussten. Die Drohnenbrütigkeit rührt also nicht im-

mer von einer Abnormität — meist Leere — der Samentasche her." Was diese Schlussbemerkung anlangt, so ist sie zweifelsohne im Allgemeinen richtig, aber für den letzgenannten, vorliegenden Fall durch Leuckart leider nicht erörtert worden. Eine Abnormität der Samentasche ist sicherlich auch ihre falsche Stellung, und gerade diese kommt hier um so mehr in Betracht, da Dönhoff, wie Leuckart von einer Deformität am letzten Gliedringe, der seine gewölbte Gestalt verloren hatte, sprechen. Weist diese Deformität nicht darauf hin, dass die Samentasche, die nach Leuckart nicht leer war, eine Excursion aus ihrer Lage gemacht hatte? Aber wohin? Sicher weicht die runde Samentasche, selbst wenn sie nicht so ausserordentlich leicht in dem Hinterleibe hin und her ballotirte, dem Drucke mit der Pincette schon an sich als runder Körper sehr leicht aus. Man versuche es nur einmal, unverletzte Tochterblasen von Echinococcencolonien zwischen die Branchen einer Pincette zu nehmen, und man wird sehen, wie schwer sie zu fassen sind, wie leicht sie zwischen den Branchen entschlüpfen. Es ist demnach sehr zu bedauern, dass Leuckart auf die Lage nicht geachtet, sondern die Drohnenbrütigkeit einfach und einseitig als paralytisches Leiden genommen hat, während sie doch hier einer Complication von: „Lageveränderung der Samentasche und Lähmung der eigentlichen Scheide" ihr Dasein verdankt haben dürfte.

Man darf wohl gerade von der Wiederholung des hier angezogenen Dönhoff'schen Experimentes eine Aufklärung und die definitive Entscheidung über die Richtigkeit oder Nichtstichhaltigkeit meiner Hypothese erwarten. Die gegenwärtige Jahreszeit verbietet dessen Wiederholung und muss ich mir daher dieses Experiment auf das nächste Jahr verschieben. Gelingt es mir, ein in meinem Zimmer aus ihrer Nymphenzelle im October ausgeschlüpftes, flügellahmes Hornissenweibchen zu überwintern, und im Frühjahr durch Einsetzen von Hornissenzellenscheiben zum Eierlegen zu bringen, so bin ich vielleicht im Stande, auch darin einen neuen Probirstein für die Richtigkeit meiner Hypothese darzubieten.

VIII.

Zur Naturgeschichte der Hornissen.

Von

Medicinalrath Dr. **Küchenmeister.**

1) Woran erkennt man die Drohnenbrutzellen? Woran die Brutzellen der grossen Weibchen, die gegen den Spätherbst erbrütet werden?

Bei den Bienen zeichnen sich bekanntlich die Drohnenbrutzellen durch ihren weit über das Niveau der Wabe gewölbten, bombenartigen Deckel aus, während die der Arbeitsbienen ganz flach überdeckelt sind. Die Drohnenbrutzellen für die grösseren im Herbste ausschlüpfenden Hornissenmännchen sind meist an den Rändern der grosszelligen Zellenscheiben angelegt und zwar ebenfalls, wie die Drohnenbrutzellen bei den Bienen, mit einem gewölbten Deckel bedeckelt, der aber in so flachem Bogen gespannt ist, dass derselbe sich nur wenig über das Niveau der Zellenscheibe erhebt. Die Bombendeckel der Brutzellen für die grossen Herbstweibchen überragen das Niveau der Zellenscheibe bis etwa $^1/_3$ Leipziger Zoll = 4—5‴. Nur ein einziges Mal unter mindestens 60 solchen Zellen fand ich in ihnen statt des Weibchens ein Männchen. Die Wölbung der zuvorgenannten Drohnenzellen dürfte nahezu der Wölbung entsprechen, welche die Böden der grossen Zellenscheiben darbieten, und die man leicht erkennt, wenn man die Zellenscheiben von unten betrachtet.

Uebrigens sind bekanntlich die Zellen auch hier 6eckig, nur stehen sie nicht senkrecht, sondern alle etwas schräg nach dem Centrum hin und verjüngen sich dabei nach dem Boden zu etwas. Daher kommt es, dass der Boden der Scheibe über eine geringere Fläche sich ausbreitet, als die obere Fläche der Scheibe.

2) Wie schlüpfen die fertig gebildeten Hornissen aus ihren Brutzellen aus?

Im Spätseptember dieses Jahres erhielt ich aus dem hohlen Stamm einer umgefällten Eiche ein Hornissennest, mit zum Theil überdeckelter Brut, bei dessen Ausschälen die ausgekrochenen Bewohner durch Rauch getödtet worden waren. Der Brut hatte das Abräuchern in ihren überdeckelten Zellen nichts geschadet und es schlüpften im Laufe des Monats September bis Anfang October unter einer durchlöcherten Glasglocke, zumal wenn die Sonne darauf schien, in meinem Zimmer mehrere Männchen (kleinere und grosse), so wie mehrere Weibchen aus. Mehrere Weibchen und eines der ausgeschlüpften Männchen waren flügellahm. Alle Zöglinge sind mir bis jetzt gestorben, bis auf ein gut beflügeltes Männchen und ein flügellahmes Weibchen, obwohl ich sie mit Honig und Wasser hinzuhalten suchte, was sie leidenschaftlich verzehren. Interessant ist es dabei zu sehen, wie sie sich gegenseitig den Honig ableckten, und ausserdem ihre Füsschen, zumal die vorderen sich reinigten, indem sie dieselben durch ihren eigenen Mund zogen. Obst versagten sie zu nehmen. Es war mir nun von besonderem Interesse zu sehen, wie sich die jungen, reifen Thiere aus den Zellen herausbissen. Die Innenwand der Zellen ist mit einer ganz feinen, zarten spinnenwebenartigen Masse ausgekleidet, die sich anfangs ganz fest an die Zellenwände anschliesst. Gegen das obere, dickere Ende der Zellen fängt dieses Gewebe an, sich zu einem Cylinder abzurunden, auf welchem dann der gewölbte Deckel vollends erbaut wird. Es ist klar, dass auf diese Weise ganz oben in den Ecken kleine leere Dreiecke entstehen müssen, die man auch bei noch unvollendeten Zellen ganz deutlich sieht. Beim Weiterbaue wissen die Thiere jedoch diese Dreiecke so mit feinen, pulverförmigen Massen auszufül-

len und zu verkleben, dass man nichts von leeren Dreiecken mehr entdecken kann. Von den oberen Zellenwänden und über sie hinauf erhebt sich nun in flachem Bogen (bei Männchen), oder in hochgewölbten (bei den grossen Weibchen) der schon mehrfach erwähnte Deckel, der bei den Zellen der grössern Weibchen noch die Eigenthümlichkeit bietet, dass an den Stellen, wo sich zwei benachbarte Deckel berühren, die Wände der beiden Nachbarn gemeinsam bis zu dem Punkte sind, wo die eigentliche Bogenspannung des Deckels beginnt. Alle Deckel bestehen aus einer ausserordentlich derben, weissen, papiernen Masse, die den verletzenden Instrumenten theils durch ihr Material an sich, theils durch die straffe Spannung einen sehr grossen Widerstand entgegensetzt. Wenn ich die Gewalt betrachtete, welche ich anwenden musste, um die Deckel mit Instrumenten zu zerreissen; wenn ich sah, dass ich eher die eigentlichen Zellenwände, die von Eichenrinde u. s. w. erbaut sind, zerreissen, als einen Deckel nach erfolgtem Einstich abheben konnte: da wunderte ich mich wohl, wie die auskriechenden Thiere sich Luft machen konnten. Endlich gelang es mir, das Ausschlüpfen zu beobachten. Ich bemerkte nämlich, wie die Deckel allmälig an einer Stelle einsanken und schlaff wurden, die sich alsbald durch ihre undurchsichtige Farbe von dem übrigen Deckel unterschied, und aussah, als ob sie mit Wasser getränkt wäre. Dem war auch in der That so. Das junge, zum Auskriechen reife Thier beleckte wiederholt die Innenfläche solcher Stellen des Deckels mit seiner Zunge, speichelte sie so ein und machte sie nachgiebig. Nun erst durchstach es den Deckel mit der Spitze des einen Kiefers, leckte beständig die Innenwand der Umgebung an, biss mit dem andern Kiefer gegen den ersten und so den Deckel in unregelmässig runder Oeffnung durch; ein Geschäft, was nach 1—2 Stunden in mehreren Pausen vollbracht war. Anfangs konnten die meisten Thiere noch selbst ausschlüpfen, später gingen mir mehrere während des Ausschlüpfens zu Grunde, oder ich musste ihnen helfen. Das ausschlüpfende Thier war mit einer feinen spinnenwebenähnlichen Haut über den ganzen Körper bedeckt, die es sich allmälig mit den Füssen abstreifte. Aber auch das gelang nicht allen Thieren, diese

liefen dann Tage lang mit den Hautfetzen unter der Glasglocke herum. Besonders schwierig war vielen die Lösung der Flügel, und ich musste mehreren die Spitzen der Flügel frei machen, die dann oft zu sehr zerknittert waren, als dass sie sich nachher ganz entfaltet hätten. Solche Thiere, denen keine Hülfe bei dieser Abhäutung wurde, zumal wenn sie den Hinterleib mit seinen Respirationsstigmen sich nicht frei machen konnten, starben in 1—2 Tagen. Oeffnete ich einen Deckel, in welchem das Thier reif zu sein schien, auch bei nachheriger Berührung deutliches Leben zeigte, das aber selbst noch keine Anstalt zum Ausschlüpfen gemacht hatte, so kroch es jetzt, nach Durchbohrung des Deckels, nicht aus, sondern starb bald. — Ich habe noch zu erwähnen, dass die Deckelmasse weissem Löschpapiere gleicht, und die Eigenschaften solchen Papieres auch darbietet, wie die Durchnässung zeigt.

Die Larven mit Honig aufzuziehen bis zum Einpuppen gelang mir nicht, doch lebten die Thiere bis 8 Tage und länger (3 Wochen) in ihren offenen Zellen, ohne sich einzuspinnen, was Hummellarven bald thun.

3) Wie viel von den einzelnen Arten findet man in einem Hornissenneste im Spätherbste? Wie gross sind die Gesellschaften?

Ein grosses, frei stehendes Hornissennest wurde im Spätseptember bei Nacht mit einem Sacke überhängt, abgeschält und Alles in kochendem Wasser gebrüht. Ich erhielt gegen 40 grosse Weibchen, gegen beiläufig 35 kleine Weibchen und gegen 90 Männchen. Ueberdeckelte Brutzellen standen auf einer Scheibe gleichzeitig Drohnenbrutzellen 18; Brutzellen für grosse Weibchen 48.

IX.

Versuche über den Stillstand des Zwerchfells durch Reizung des Nervus vagus in Contraction und in Erschlaffung.

Von

H. Aubert und **A. v. Tschischwitz** in Breslau *).

Der Versuch von Traube, wonach Reizung des centralen Vagusstumpfes bei Kaninchen Stillstand des Zwerchfelles hervorbringt, ist in den letzten drei Jahren vielfach wiederholt worden, indess haben die verschiedenen Experimentatoren widersprechende Angaben über den Punkt gemacht, ob das Zwerchfell in Inspiration oder in Exspiration stehen bleibt. Für den Stillstand des Zwerchfelles in Contraction oder in Inspiration haben sich Traube (Preuss. Vereinszeitung 1847), Lindner (De nervorum vagorum in respirationem efficacitate Diss. inaug. Berol. 1854), Kölliker und Müller (Würzburger Verhandlungen 1855, p. 234), Snellen (Schmidt's Jahrbücher Bd. 87, p. 161), entschieden, während ein Stillstehen des Zwerchfelles in Erschlaffung oder in mässiger Exspiration von Eckhard (Grundzüge einer Physiologie des Nervensystems p. 136) angenommen wird. Helmolt (Ueber die reflectorischen Beziehungen des Nervus vagus etc. Inauguraldissertation, Giessen 1856) hat dagegen meist Stillstand in Inspiration beobachtet, und nur zum Schluss

*) Conf. v. Tschischwitz: Nervis vagis irritatis diaphragma num in inspiratione an in exspiratione sistitur? Diss. inaug. Vratislav 1857.

wird in einer Anmerkung erwähnt, dass auch ein Exspirationsstillstand bei sehr starken Reizen nicht selten beobachtet worden sei.

Bei diesem Stande der Frage mochten wir uns nicht damit zufrieden geben, „dass die Erfolge der Reizung der centralen Enden der Vagi auf die Athembewegungen sehr verschieden sind", was sich begreifen lassen soll, „wenn man bedenkt, dass die Athembewegungen aus zweierlei Actionen sich zusammensetzen". (Würzburger Verh. l. c. p. 234.) Im Gegentheil schien uns die Untersuchung der Bedingungen zum Stillstande des Zwerchfelles in Inspiration oder in Exspiration um so wünschenswerther, als bei einer Vergleichung dieser aufgehobenen Bewegungen des Zwerchfelles mit denen des Herzens Eckhard auf seine Versuche gestützt ganz andere Schlüsse gezogen hat, als Pflüger (Ueber das Hemmungsnervensystem 1857), welcher sich an die Traube'schen und Lindner'schen Beobachtungen hält.

Unsere Versuche haben nun im Allgemeinen ergeben:

1) dass sehr schwache Ströme des Inductionsapparates eine Beschleunigung oder eine Verlangsamung des Athmungsrythmus bewirken oder gar keine Reaction veranlassen;
2) dass stärkere Ströme einen Stillstand des Zwerchfells in Inspiration oder in Contraction,
3) sehr starke Ströme einen Stillstand des Zwerchfelles in Exspiration oder in Erschlaffung herbeiführen.

Dies ist das Ergebniss von Versuchen an etwa 20 Kaninchen, von denen 12 Versuche mit allen Nebenumständen genau notirt wurden. Wir verfuhren dabei so, dass wir zuerst die beiden Vagi mit grösster Schonung bloslegten und zwar in einer möglichst grossen Strecke, dann die Tracheotomie machten und darauf die Bauchhöhle nach Unterbindung der beiden Art. mamm. intern. so aufschnitten, dass wir das Zwerchfell in seiner ganzen Ausdehnung bequem überblicken konnten. Nur in wenigen Versuchen haben wir, wie auch Eckhard bisweilen gethan hat (l. c. p. 136), uns zu Anfang durch den Stand der Leber von dem Stande des Zwerchfells zu unterrichten

gesucht. Dies schien uns indess doch zu unsicher. Wir haben einigen Kaninchen vorher Opiumtinctur injicirt, einigen das Gehirn exstirpirt, Blutungen herbeigeführt und wider Willen bekommen, ohne dass wir diesen Eingriffen einen wesentlichen oder bestimmten Einfluss auf unsere Resultate zuschreiben könnten.

Von besonderer Wichtigkeit für unsere Experimente war die allmälige Verschiebung der secundären Spirale, wodurch leicht ein Uebergang von schwächeren zu stärkeren Strömen möglich wurde. Noch wichtiger aber war uns die sehr einfache und sinnreiche Methode Pflüger's, den Strom der secundären Spirale durch einen dicken Draht zu leiten und durch Entfernung des Drahtes ihn plötzlich auf den Nerven zu senden (l. c. p. 18). Dies war das einzige Mittel, mit Präcision zu entscheiden, wie sich die Sistirung des Zwerchfelles verhielt, wenn der Strom zur Zeit der Inspiration oder zur Zeit der Exspiration hereinbrach; auch konnte nur mittelst dieser Vorrichtung die Reizung der undurchschnittenen Vagi leicht bewerkstelligt werden.

Es mögen nun zunächst die Beschreibungen einiger Experimente nach unsern Protokollen folgen. Auf der rechten Seite sind die Eingriffe unsererseits, auf der linken die Reactionen des Kaninchens verzeichnet.

Wir bezeichnen mit Strom I den Strom eines Schmidt'schen Inductionsapparates aus Halle, wo die secundäre Spirale 1 Decimeter von der primären entfernt war, mit Strom II, wenn die beiden Spiralen sich berührten, mit Strom III, wenn sie über einander gehoben waren. Mit Strom —I bezeichnen wir die Ströme bei mehr als 1 Decimeter entfernter secundärer Spirale.

Experiment I.

Blosslegung beider Vagi	40 Respirationen in ¼ Minute.
Tracheotomie	45 „ „ „ „
einige Minuten später	42 „ „ „ „
noch später	40 (unregelmässig).
Durchschneidung beider Vagi . .	15 „

Eröffnung der Bauchhöhle und Unterbindung der Art. mamm.	
Strom —I	40 (unregelmässig).
ditto	50 (weniger unregelmässig).
2 Minuten später ohne Strom . .	40 (ganz unregelmässig).
Strom II	Stillstand in Erschlaffung.
unmittelbar nachher	„ „ Contraction.
darauf	24 p. 1/4 M.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
unmittelbar nachher	„ „ Contraction p. 1/4 M.
darauf	25 p. 1/4 M.
Strom III	Erschlaffung 1/4 M. lang.
darauf	Contraction 1/4 M. lang.
nachher	22 p. 1/4 M.
Strom I	Stillstand in Contraction.
nachher	„ „ „ einige Secunden.
Strom —I	Unregelmässige seltene Bewegungen, so dass meist Contractionszustand vorherrscht und mitunter eine einzelne Exspiration erfolgt.
Strom I	Stillstand in Contraction. Beim Abheben der Vagi eine Exspiration, darauf wieder 1/8 Minute Stillstand in Contraction.
nachher	17 Resp. p. 1/4 M.
Strom I	Stillstand in Contraction.
Verstärkung des Stroms von I zu II	Uebergang von Contraction zu völliger Erschlaffung.
nachher	Stillstand in Contraction.
nachher	16 p. 1/4 M. ergiebig und regelmässig.
Wiederholt	mit demselben Erfolge, aber nach der Contraction Athmung mit vorherrschender Contraction.

1 Minute nachher	13 p. 1/4 M.
Wiederholt	ebenso.
	Die Exspirationen sind kürzer als die Inspirationen.
Wiederholt	ebenso.
Plötzliches Hereinbrechen des Stromes nach Pflüger's Methode:	
Strom I	Stillstand in Contraction.
nachher	ergiebige Athmung.
Wiederholt	Contraction.
nachher	Contraction, dann Respiration mit vorherrschender Inspiration.
Strom II plötzlich	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.

Bei Reizung mit Strom III macht das Thier noch heftige Bewegungen, aber es tritt bald Erschlaffung, bald Contraction ein, bald dauern die Respirationen ungestört fort.

Experiment II.

Tracheotomie	12—13 p. 1/4 M. Respirationen.
Oeffnung der Bauchhöhle, Unterbindung der Art. mamm. . . .	16 p. 1/4 M.
Blosslegung der Vagi, Unterbindung der Carot. sinistr.	
Durchschneidung beider Vagi . .	5 p. 1/4 M.
Strom —I	4 p.
nachher	4 p.
Strom I	Stillstand?
ditto	8 p.
nachher	7 p.
Strom I	7 p.
Strom II	Stillstand in mittlerer Spannung.
nachher	Contraction.
später	10 p.

Strom II	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
gleich darauf	13 p.
Strom zwischen I und II	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
gleich darauf	8 p.
Strom zwischen I und II	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
darauf	10 p.
Strom I	ebenso.
dreimal wiederholt	mit gleichem Erfolge.
Strom III	ebenso.
nachher	11—12 p.
Stromverstärkung I bis II . . .	Fortdauer des Rhythmus.
zwischen II und III	Stillstand in Erschlaffung mit folgender Contraction.

Gehirnexstirpation und Erholung der Nn. vagi.

Strom II	Stillstand in Contraction.
ditto	ebenso.
ditto	Contract. mit kleinen Erschlaffungen.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
ditto	ebenso.
nachher	etwas Contraction.
ditto	ebenso.
nachher	13 p.
Strom I	12 p.
Strom zwischen I und II . . .	Stillstand in Erschlaffung.
Einstich ins Zwerchfell.	
Strom I	ohne Wirkung.
Strom II und III	Erschlaffung mit folgender Contraction.
Berührung der Halsmuskeln mit den Drähten	starke Contractionen des Zwerchfells.

Experiment III.

Blosslegung der Vagi	21 Resp. p. 1/4 M. (unregelmässig).
Tracheotomie (starke Venenblutung)	27 „
Oeffnung der Bauchhöhle	24 „
Durchschneidung beider Vagi . .	11 „
2 Minuten später	15 „
Strom I	15 (?)
ditto	Stillstand mehr in Contraction.
nachher	10 p.
ditto	Stillstand ganz in Contraction.
nachher	10—11 p.
Strom II	Stillstand in Contraction.
nachher	„ „ starker Contraction mit Einwärtsbiegung der Rippen.
darauf	14 p.
ditto	ebenso.
nachher	17 p.
wiederholt	ebenso.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
Linker Vagus Strom III	„ „ Erschlaffung.
Rechter Vagus Strom III	„ „ Erschlaffung.
Vagus und irgend ein Theil des Halses mit Strom III	Contraction des Zwerchfells.
Strom I—II beide Nn.	Contraction.
Strom I	ebenso.
Erholung der Vagi.	
nachher	16 p.
Strom I	13 p.
nachher	15 p.
Strom II	Stillstand in Contraction.
ditto	ebenso.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	starke Contraction.

Erholung der Vagi.	
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
Verstärkung von Strom II zu III .	Uebergang von Contraction zu Erschlaffung.
7mal wiederholt	mit demselben Erfolge.
Enthirnung.	
Verstärkung von Strom II zu III .	Contraction und Uebergang in Erschlaffung.
nachher	Contraction.
Wiederholt	ebenso.
	Nach mehrmaliger Wiederholung findet keine starke Erschlaffung mehr statt; indess ist der Stillstand in Erschlaffung bei Strom III von dem in Contraction bei Strom II deutlich zu unterscheiden.
Erholung der Nn.	
Strom III	Erschlaffung.

Experiment IV.

Blosslegung der Vagi	32 Resp. p. 1/4 M.
Durchschneidung des rechten Vagus	19 „
1 Minute später	24 „
„ „	28 „
„ „	24 „
Durchschneidung des linken Vagus	11 „
1/2 Minute später.	17 „
„ „	20 „
„ „	20 „
Tracheotomie	21 „
1/2 Minute später.	26 „
„ „	33 „
Oeffnung der Bauchhöhle	31 „

Rechter Vagus Strom I	21 (unregelmässig).
nachher	25 ditto.
Rechter Vagus Strom I	34 mit Pausen.
„ „	36 „ ditto.
nach der Reizung	26 (unregelmässig).
Linker Vagus Strom I	Stillstand in Contraction.
nachher	30 p. 1/4 M.
Rechter Vagus Strom II	Stillstand in Inspiration.
ditto	ebenso.
Rechter Vagus Strom III . . .	Stillstand in Exspiration.
ditto	„ in Inspiration.
Linker Vagus Strom III	Stillstand in Exspiration.
nachher	„ in Inspiration.
2mal wiederholt . . .	ebenso.
2 Minuten nachher . .	44 p. 1/4 M.
Beide Vagi Strom I	55 „ (kaum zu zählen).
„ Strom II	Stillstand in Inspiration.
nachher	„ 1/2 Minute lang.
nachher	38 p.
Wiederholt	ebenso.
Beide Vagi Strom III	Stillstand in Exspiration.
Vollständige Oeffnung des Bauches	
Strom III	Stillstand in Exspiration.
nachher	„ in Inspiration.
Strom II	„ in Inspiration.
Uebergang zu Strom III	Uebergang in Exspiration.
5mal wiederholt	mit demselben Erfolge.

Experiment V.

Blosslegung der Vagi	22 Resp. p. 1/4 M.
Tracheotomie mit starker Venenblutung. Einlegung einer Glasröhre in die Luftröhre	10 p. 1/4 M.
darauf	11 „

Herausnahme der Röhre	25 p. 1/4 M.
Einlegung der Röhre	8 „
Herausnahme der Röhre	21 „
Durchschneidung der Vagi . . .	6 „
später	9 „
mit Röhre	9 „
Eröffnung des Bauches	7 „
Strom — I	Stillstand in Exspiration.
ditto	ebenso.
Spirale II 2 Decimeter von Spirale I entfernt	Stillstand zwischen In- und Exspiration.
3 Decimeter entfernt . . .	Stillstand mehr in Inspiration.
4 Decimeter entfernt . . .	4 p. 1/4 M.
Gehirnexstirpation . .	11 „
Strom —I	Stillstand in Exspiration.
3 Decimeter entfernt . . .	ditto.
nachher	6 p. 1/4 M.
3 Decimeter entfernt . . .	Stillstand in Exspiration.
Strom I	Stillstand in Exspiration bleibt 10 Secunden nach der Reizung.
Strom II	Stillstand in Contraction.
Strom III	ebenso.
nachher	13 p.
Strom II	Zuerst Contraction, dann 12 p. 1/4 M. während der Reizung.
Strom I	10—11 p. 1/4 M.
Schonung der	Nerven.
Strom I	8 p. 1/4 M.
nachher	9 p.
Strom II.	Stillstand in Contraction.
Strom III	ditto.
nachher	stärkere Contraction.
nachher	16 p.

Strom III	Stillstand in Contraction.
nachher	bleibt Contraction.
nachher	schnelle und flache Respiration.
Strom I	14 p. 1/4 M.
Strom II	Stillstand in Contraction mit sehr flacher Respiration.
Strom III	Stillstand in Contraction.
Durchschneiden der Medulla oblongata	Stillstand in Erschlaffung.

Experiment VI.

Blosslegung der Vagi	15 Respirationen p. 1/4 M.
Tracheotomie	19 „ „
Mit Röhre in der Trachea . . .	12 „ „
Ohne Röhre	20 „ „
Mit Röhre	13 „ „
Eröffnung des Bauches	38 „ „
Durchschneidung beider Vagi . .	15 „ „
2 Minuten später	16 „ „
Strom —I	12 „ „
nachher	17 „ „
Strom —I	11—12 „ „
nachher	18 „ „
Strom I	Stillstand in Contraction mit kleinen flachen Respirationen.
ditto	Stillstand in vollständiger Contraction.
nachher	16 p.
Strom —I	11—12 p. unregelmässig.
nachher	15 p.
Strom —I	9—10 p.
nachher	14 p.
Strom I	starke Contraction mit Einwärtsbiegung der Rippen; hin u. wieder einzelne Zuckungen des Zwerchfells.

Strom II	Stillstand in starker Contraction bleibt 10 Secunden nach dem Aufhören des Stromes.
später	flache Respiration.
später	tiefe „
ditto	ebenso.
ditto	ebenso.
Strom zwischen II und III . . .	ebenso.
nachher	lang dauernde Contraction.
Strom III	zweifelhaft wegen heftiger Bewegungen des Thieres.
nachher	starke Contraction, dann flache, später tiefe Respirationen.
Plötzliches Hereinbrechen.	
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
5mal wiederholt	ebenso.
Strom III	Contraction.
nachher	Contraction.
2mal wiederholt	ebenso.
Strom III	keine Wirkung; die Respiration geht fort.
Erholung der Vagi.	
nachher	15 p.
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
9mal wiederholt	mit gleichem Erfolge.

Beim Unterbrechen des Stromes geht der Contraction des Zwerchfells eine oder mehrere unregelmässige Respirationen vorher.

Strom zwischen II und III.	
Plötzlich bei Inspiration	sofort Erschlaffung.
„ „ Exspiration	sofort stärkere Exspiration und Stillstand.
2mal wiederholt	ebenso.
Strom II. Plötzlich bei In- und Exspiration	immer Stillstand in Contraction.

Experiment VII.

Blosslegung der Vagi	29 Respirationen p. 1/4 M.
Eröffnung der Bauchhöhle	25 „ „
Tracheotomie	47 „ „
später	50 „ „
Eine Nadel wird in das Herz gestochen.	
Strom I	Stillstand in Contraction.
	Herz bewegt sich fort.
ditto	ebenso.
nachher	35 p.
Strom II	Stillstand in Contraction.
	Stillstand des Herzens.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
	Stillstand des Herzens.
Strom III. Plötzlich	ebenso.
	nachher Contraction.
Strom III. Berührung der Muskeln des Halses	Stillstand in Contraction.
Strom III ohne Berührung der Muskeln	Stillstand in Erschlaffung.
6mal wiederholt	ebenso.
Strom I	keine Wirkung.
Strom II	Stillstand in Contraction.
	Stillstand des Herzens.

Wir wollen nun die Resultate unserer Experimente unter den uns wichtig scheinenden Gesichtspunkten zusammenfassen.

1) Es zeigt sich durchgängig die alte Erfahrung bestätigt, dass nach Durchschneidung der Vagi eine Abnahme der Frequenz der Athemzüge stattfindet und die Respiration unregelmässig wird. Traube hat hierüber bereits eine grosse Anzahl genauer Beobachtungen angestellt (Beiträge zur experimentellen Pathologie und Physiologie, Heft I, 1846, p. 102, Anmerkung und seine einzelnen Experimente) und auch die Ursache dieser auffallenden Verlangsamung zu erfahren gesucht, indem er gegen Longet die Verengerung der Stimmritze nach Durchschneidung der Vagi nicht als den alleinigen Grund ansieht. Dies geht aus seinem 10. Experimente auch entschieden hervor (p. 102), wo die Anzahl der Respirationen zu Anfang 96, nach Durchschneidung der Laryngei inf. 60, nach Durchschneidung der Vagi 14 betrug. Dass indess die Verengerung der Stimmritze einen gewissen Einfluss auf die Verlangsamung der Respiration hat, geht gleichfalls aus demselben Experimente hervor und auch unsere Experimente zeigen, dass:

a. nachdem die Durchschneidung der Vagi die Zahl der Respirationen vermindert hat, durch Erweiterung der Athmungsöffnung mittelst der Tracheotomie die Zahl der Athemzüge sich vermehrt. Wurde zuerst die Durchschneidung der Vagi und dann die Tracheotomie gemacht, was in 3 Experimenten geschah, so fanden wir:

vor Durchschneidung der Vagi:	36	60	128,
nach derselben:	24	24	44,
nach der Tracheotomie:	44	32	84.

Hier wurde also durch Aufhebung der Verengerung die frühere Frequenz einmal übertroffen, zweimal aber nahm sie durch die Tracheotomie zu, blieb aber geringer, als vor Durchschneidung der Vagi.

b. Ohne Durchschneidung der Vagi wird durch eine Verengerung der Athmungsöffnung die Zahl der Athemzüge sehr verringert, denn durch Einlegen einer Röhre in die Trachea, wie in Experiment VI, fiel die Zahl der Athemzüge von 80 auf 52.

Im vorhergehenden Experiment V zeigt sich dieselbe Abnahme der Athmungsfrequenz, beim Einlegen der Röhre, während unmittelbar nach der Durchschneidung der Vagi die Frequenz noch geringer wird, in einigen Minuten aber auf dieselbe Zahl, wie bei Einlegung der Glasröhre steigt, und nun durch die Verengerung der Athmungsöffnung (nach Durchschneidung der Vagi) keine Veränderung in der Zahl der Athemzüge mehr hervorgebracht wird.

Man kann sich von der Abnahme der Athmungsfrequenz durch Verengerung der Athmungsöffnung am einfachsten überzeugen, wenn man einem Kaninchen oder auch sich selbst die Hälfte der Nase zuhält.

c. Wurde zuerst die Tracheotomie gemacht und dann die Vagi durchschnitten, so fanden wir z. B. in Experiment II nach der Tracheotomie 64, nach der Durchschneidung der Vagi 20 Respirationen in der Minute. Desgleichen in anderen Experimenten:

vor der Durchschneidung: 180 ; 48 ; 48 ; 108 ; 100,
nach derselben: 60 ; 28 ; 20 ; 44 ; 36.

Hier blieb also die Athmungsöffnung immer dieselbe und trotzdem sank die Frequenz nach Durchschneidung der Vagi.

d. Die Tracheotomie an sich scheint eine grössere Frequenz zu bedingen, wie aus Versuch III, V, VI, VII und noch zwei hier nicht beschriebenen Versuchen hervorgeht, wo nach der Blosslegung der Vagi 160, nach der Tracheotomie 180 Respirationen notirt sind. In einem Versuche wurde indess durch die Tracheotomie nichts geändert, die Zahl blieb 36.

Wenn also auch einerseits Verengerung der Athmungsöffnung geringere Frequenz der Athemzüge bedingt, so tritt andererseits dasselbe Phänomen nach Durchschneidung der Vagi ein, wenn keine Verengerung der Athmungsöffnung stattfindet. Wir müssen daher dem Ausspruch Traube's beistimmen, „dass die Ursache der so bedeutenden Verminderung der Athemzüge nach Durchschneidung der Vagi reell noch nicht gefunden ist".

Vergleichen wir den Einfluss der Durchschneidung des Vagus auf die Respiration mit dem auf die Herzbewegung, so zeigt sich das Entgegengesetzte: die Durchschneidung der Vagi bedingt eine viel grössere Frequenz der Herzschläge und eine viel geringere Zahl der Athemzüge.

2) Sehr schwache Ströme des Inductionsapparates brachten in 4 Experimenten eine Vermehrung, in 5 Experimenten eine Verminderung der Athmungsfrequenz hervor, während in den meisten Experimenten entweder gar kein Einfluss auf die Athmung ausgeübt wurde, oder, bei Verstärkung des Stromes, ein Stillstand des Zwerchfells erfolgte. Diese Angaben bedürfen aber einer genaueren Kritik. Es kommen nämlich bei Kaninchen sehr grosse Differenzen in der Tiefe und Ergiebigkeit der Athemzüge vor, mit denen die Frequenz derselben in nahem Zusammenhange steht. Diese zwei Arten von Athmung, mit sehr kleinen, kaum zählbaren Excursionen des Zwerchfells und mit sehr tiefen, langsamen Bewegungen wechseln nun bei schwachen Strömen mitunter so ab, dass z. B. 20 flachen Respirationen eine tiefe Athmung folgt. Bei jenen ist aber das Zwerchfell immer mehr in der Inspirationsstellung. Dieser Art waren nun auch die Athembewegungen da, wo eine Zunahme der Athemfrequenz notirt wurde, während bei der Abnahme der Frequenz in jenen 5 Versuchen sehr ergiebige Respirationen stattfanden. Man wird also das Verhältniss auch so auffassen können, und diese Auffassung scheint uns die richtigere zu sein: Durch sehr schwache, eben noch wirksame Ströme wird ein überwiegender Contractionszustand des Zwerchfells herbeigeführt, der entweder von sehr kleinen, häufigen Respirationen begleitet, oder durch seltene, ergiebige Respirationen unterbrochen wird; so dass derselbe Effect hervorgebracht wird, den stärkere Ströme in auffallenderer Weise herbeiführen, nämlich theils durch vollständige Sistirung der Athmung, theils durch Sistirung auf längere Zeit.

In den meisten Experimenten wurde auch entweder keine Wirkung, oder bei allmäliger Verstärkung des Stromes ein Stillstand

des Zwerchfells beobachtet (conf. Eckhardt l. c. p. 136 und Kölliker und Müller l. c. p. 234).

3) Mittelstarke Ströme bringen einen Stillstand des Zwerchfells in Contraction, also in Inspiration hervor. Die Stärke der Ströme ist freilich nicht anzugeben, nur so viel ist gewiss, dass sie in ziemlich weiten Grenzen bei demselben Nerven und nahezu gleicher Reizbarkeit schwankt; denn man kann die secundäre Spirale meist in einem Raume von 6—8 Centimeter verschieben, ohne eine Veränderung in der Wirkung hervorzubringen. Sehr gross sind dagegen die Differenzen für verschiedene Individuen. Bei frischen Vagi, die nicht gezerrt und schnell durchschnitten worden waren, haben wir Stillstand des Zwerchfells in Inspiration bekommen, wenn die secundäre Spirale 3 Decimeter von der primären entfernt war, während sie in anderen Fällen einige Centimeter über die primäre geschoben werden musste, um Stillstand des Zwerchfells in Contraction hervorzubringen.

Dieser Stillstand in Inspiration lässt sich durch die Leberstellung bei nicht geöffnetem Peritonäum, viel besser aber durch directe Inspection des Zwerchfells bei weit geöffnetem Bauche constatiren. Man sieht hierbei das Zwerchfell nicht nur flach werden, sondern bemerkt auch sehr deutlich die Contraction der einzelnen Muskelbündel; indess bekommt man bei einer solchen Reizung nie den höchsten Grad der Contraction des Zwerchfells, wovon man sogleich durch die Erscheinungen nach dem Aufhören des Stromes überzeugt wird. Es hat sich nämlich fast constant in unsern Experimenten gezeigt, dass nach der Einwirkung des Stromes auf die Vagi, welcher das Zwerchfell in Contraction still stehen macht, jedesmal eine noch stärkere Contraction erfolgt, bei der die Rippen stark einwärts gezogen werden. Erst wenn diese Contraction vorüber ist, beginnt wieder die Athmung, aber oft auch so, dass der Contractionszustand des Zwerchfells einige Zeit vorherrscht. Andererseits ist dieser Zustand der Contraction während des Stromes sehr wohl von dem Stande des Zwerchfells in Exspiration zu unterscheiden, wie aus dem Folgenden noch deutlich werden wird.

Nur in zwei Experimenten (in Experiment V und einem hier nicht mitgetheilten) trat mit der Anwendung auch der schwächsten Ströme, die eben noch wirksam waren, sogleich Stillstand des Zwerchfells in Exspiration ein, und zwar in dem einen nur zu Anfang vielleicht wegen sehr grosser Reizbarkeit der Vagi, in Experiment V dagegen zeigte sich die Wirkung der Ströme gerade umgekehrt, wie in allen übrigen Versuchen, indem schwache Ströme eine Erschlaffung, starke Ströme eine Contraction desselben hervorbrachten. Gleichwohl konnte hier an ein Ueberspringen des Stromes auf die Phrenici nicht gedacht werden, denn erstens wurden die Vagi ebenso isolirt auf die Drähte gelegt, wie in allen übrigen Experimenten, zweitens fand immer nach dem Aufhören der Reizung eine noch stärkere Contraction des Zwerchfells statt, während die Contraction dieses Organs nach der Reizung des Phrenicus scheinbar augenblicklich aufhört. Wir haben keinen Grund für diese Ausnahme finden können.

4) Starke Ströme bringen einen Stillstand des Zwerchfells in Exspiration oder in Erschlaffung hervor. Die Stärke der Ströme kann hier auch sehr variiren, je nach der Reizbarkeit des Nerven, und man kann nur sagen, dass ein Strom, welcher stärker ist, als der, bei dem das Zwerchfell in Contraction still steht, eine Erschlaffung des Zwerchfells herbeiführt.

Dass man den Stand des Zwerchfells in Exspiration von dem in Inspiration in den meisten Fällen durch blosses Anschauen unterscheiden könne, wird jeder zugeben, der Experimente dieser Art öfter angestellt hat. Bei dem Misstrauen gegen uns selbst aber, welches für jeden Beobachter Pflicht ist, namentlich wenn es sich um ein unerwartetes Phänomen handelt, war es uns eine grosse Beruhigung, auf zwei Wegen mit der grössten Evidenz diese Unterschiede anschaulich zu machen. Das eine Mittel war das plötzliche Hereinbrechen des Stromes nach Pflüger's Methode, das zweite bestand in der allmäligen Verschiebung der secundären Spirale und damit verbundener Verstärkung des Stroms.

a. Hatten wir die Vagi auf die zuleitenden Drähte gelegt, während der Strom abgeleitet war, und liessen nun plötzlich, den Strom hereinbrechen, so sahen wir das Zwerchfell stark heraufsteigen, wenn wir in der Inspiration schlossen, und dasselbe weniger heraufsteigen, wenn wir in der Exspiration geschlossen hatten. Dieses Heraufsteigen war für uns um so deutlicher, als wir vorher das Entgegengesetzte bei Anwendung schwächerer Ströme gesehen hatten. Ferner: hatten wir durch Anwendung plötzlich hereinbrechender starker Ströme das Zwerchfell in Erschlaffung versetzt und leiteten nun den Strom plötzlich wieder ab, so ging das Zwerchfell sofort herunter und blieb mehrere Secunden lang in Contraction still stehen. Während dieser Contraction liessen wir wieder den Strom auf die Vagi einwirken und sofort ging das Zwerchfell herauf.

b. Hatten wir den Strom einwirken lassen, bei welchem Stillstand in Contraction erfolgte, so sahen wir, beim allmäligen Schieben der secundären Spirale über die primäre, die Contraction in Erschlaffung übergehen, während das Entfernen der Drähte sofort ein Herabtreten des Zwerchfells zur Folge hatte.

Es ist hierbei natürlich nothwendig, dass keine Stromschleifen auf den Phrenicus einwirken, denn dann tritt sogleich eine starke Contraction des Zwerchfells auf. Man muss daher jede Berührung eines andern Theiles, als der Vagi sorgfältig vermeiden, kann sich aber auch durch Berührung der Halsmuskeln, oder der Haut, oder der Luftröhre von dieser Wirkung vergewissern; sie tritt natürlich bei diesen starken Strömen auch ein, wenn man nur die Halsmuskeln ohne die Vagi reizt.

Aus drei Experimenten ging aber hervor, dass nach öfterer Reizung der Vagi und wahrscheinlich Erschöpfung derselben keine Erschlaffung des Zwerchfells mehr zu erzielen ist, was natürlich keinen Einwurf gegen unsern Satz begründen kann.

Vergleicht man mit diesen Erscheinungen den Einfluss der Vagusreizung auf das Herz, so zeigt sich, dass beide nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen durchaus nicht vergleichbar sind, indem ja Reizung der peripherischen Vagi stets Erschlaffung der

Herzmuskeln zur Folge hat und keine Contraction eintritt. Wir können daher die Vergleiche Eckhardt's, gegen die schon Pflüger verschiedene Gründe geltend gemacht hat, nicht billigen. Ueberhaupt ist es ein Factum ohne alle Analogie in der Nervenlehre, dass schwache Ströme eine Contraction, starke Ströme die Erschlaffung eines Muskels veranlassen. Wir müssen dabei ausdrücklich bemerken, dass hier von einer Hyperelektrisirung der Vagi keine Rede sein kann, denn wenn diese Nerven hyperelektrisirt oder überhaupt nicht mehr reizbar sind, so zeigt sich gar keine Wirkung des Stromes auf die Respiration, dieselbe geht ungestört fort, mag man die centralen Vagi reizen oder nicht. Wir haben uns davon oft am Ende der Experimente zu überzeugen Gelegenheit gehabt.

Merkwürdig ist es, dass nach dem Aufhören der Reizung der Vagi immer noch eine starke Contraction des Zwerchfells folgt, die auch um so länger anzudauern scheint, je länger die Reizung gedauert hat. Ohne Zweifel sind hier Polarisationserscheinungen im Spiele. Beim Herzen findet dagegen nur eine längere Zeit dauernde Erschlaffung nach der Einwirkung des Stromes statt, wie sich überhaupt Herz und Zwerchfell nach Vagusreizung sehr wesentlich durch das gänzliche Fehlen von dauernden Contractionen bei ersterem Organ unterscheiden.

5) Es lag nahe, zu untersuchen, welchen Einfluss es hätte, wenn die Vagi während der Exspiration oder während der Inspiration gereizt würden. Wir haben hierüber viele einzelne Versuche gemacht, sind aber stets zu der Ueberzeugung gekommen, dass dieses Moment ohne allen Einfluss auf den definitiven Stand des Zwerchfells ist, dass dieser vielmehr unabhängig von dem momentanen Zwerchfellsstande sich nur nach der Stärke der Ströme richtet. Die Erscheinungen sind folgende: Reizt man im Momente der vollendeten Inspiration mit schwachem Strome, so wird die Inspiration noch etwas tiefer und das Zwerchfell steht still; reizt man im Momente der tiefsten Inspiration mit starkem Strome, so geht das Zwerchfell sofort in die Höhe. Reizt man dagegen zwischen In- und Exspiration, so sind die Erscheinungen nicht ganz constant; mitunter geht dem Stillstande in Exspiration noch eine tiefe Inspira-

tion vorher, mitunter nicht und umgekehrt. Wahrscheinlich rührt dieses daher, dass die Zeit zwischen Exspiration und Inspiration in viele kleine Zeiträume zerfällt, die alle verschieden weit von In- und Exspiration entfernt sind, und es nur darauf ankommt, welchen dieser Zeiträume man gerade trifft. Liegt ein solcher Zeitraum nahe an einer zu vollendenden Exspiration, so erfolgt diese vielleicht noch und dann erst tritt Inspirationsstillstand ein etc.

6) Bisher haben wir immer nur von der Reizung beider Vagi gesprochen, indess traten auch dieselben Erscheinungen ein, wenn nur ein Vagus in Anspruch genommen wurde. Der einzige Unterschied scheint der zu sein, dass die Ströme bei Application auf nur einen Vagus stärker sein müssen, und dass ein Vagus schneller erschöpft wird (vielleicht nur in Folge der stärkeren Ströme), indem nach einigen Wiederholungen keine Erschlaffung des Zwerchfells mehr zu erzielen ist. So viel geht aber mit Sicherheit aus unseren Beobachtungen hervor, dass immer das ganze Zwerchfell afficirt wird auch bei Reizung nur eines Vagus, dass also für beide Vagi ein gemeinschaftliches Centralorgan bestehen muss, von dem aus die Erregung der motorischen Nerven des Zwerchfells besorgt wird. Hierin findet sich eine Uebereinstimmung zwischen Herz und Zwerchfell, denn auch das Centralorgan des Herzens bringt nach Reizung nur eines Vagus das ganze Herz zum Stillstande.

7) Wir machen endlich noch auf das letzte Experiment aufmerksam, in welchem wir die unverletzten Vagi reizten. Dies ist ein mit der Pflüger'schen Vorrichtung sehr leicht anzustellendes und sehr hübsches Experiment, da es die gleichzeitige Wirkung der Vagi auf das Herz und das Zwerchfell zeigt. Nach Eröffnung der Bauchhöhle stachen wir zuerst, wie Middeldorpf gelehrt hat, eine Nadel in das Herz ein, um seine Bewegungen beobachten zu können. Dann isolirten wir die Vagi in möglichst grosser Ausdehnung; neigten den Kopf des Thieres ein wenig, so dass die Vagi schlaff waren und schoben bei abgeleitetem Strome die beiden Drähte, deren Enden in Siegellack isolirt befestigt waren, dar-

unter. Nun liessen wir einen schwachen Strom hereinbrechen und sahen das Zwerchfell in Contraction still stehen, während die Nadel im Herzen sich ungestört fortbewegte. Darauf liessen wir einen starken Strom einwirken: das Zwerchfell stand in Contraction still und das Herz bewegte sich nicht mehr. Liessen wir einen noch stärkeren Strom hereinbrechen, so ging das Zwerchfell in Exspiration über und das Herz stand still. Man bekommt dadurch einen Anhaltspunkt für die Stromstärken, die zur Sistirung dieser beiden Organe nothwendig sind: das Zwerchfell ist hiernach also durch schwächere Ströme zum Stillstande zu bringen, als das Herz, bei einer gewissen Stärke des Stromes steht das eine Organ in Contraction, das andere (wie wenigstens aus allen bisher angestellten Experimenten über den Herzstillstand zu schliessen ist) in Erschlaffung still, und bei sehr starken Strömen stehen beide in Erschlaffung still. Wir denken dieses Experiment noch öfter anzustellen, um die Verhältnisse der für beide Organe wirksamen Stromstärken zu ermitteln.

Es werden also durch Reizung des Vagus zwei Centralorgane in abnorme Thätigkeit gesetzt; das eine liegt im Herzen, und ist in mehreren Beziehungen erforscht, das andere liegt zwischen dem Abgange des Vagus und des Phrenicus und ist ganz unbekannt. Der Nervus vagus ist also ein Nerv, dessen Fasern centripetal, und doch nach entgegengesetzten Richtungen leiten.

Wir unterlassen es, den Versuch zu machen, eine Theorie der Vaguswirkung aus den vorliegenden Beobachtungen zu construiren, zu der uns noch gar zu viel zu fehlen scheint, und fassen nur das Hauptresultat unserer Experimente so zusammen:

Schwache Ströme des Inductionsapparates, auf einen oder beide Vagi applicirt, welche das Herz nicht zum Stillstande bringen, sistiren das Zwerchfell in *Contraction* oder *Inspirationsstellung*, stärkere Ströme lassen beide Organe in *Erschlaffung* still stehen.

Breslau, den 2. August 1857.

X.

Versuche über Endosmose.

(Erste Abhandlung.)

Von

Prof. **A. Fick**, Prosector in Zürich.

Bereits vor mehreren Jahren*) veröffentlichte ich eine Untersuchung über Hydrodiffusion, die in der Absicht angestellt war, zunächst das Grundgesetz für den einfachen Vorgang der Diffussion ohne Scheidewand festzustellen und dann mit diesem die Gesetze der Diffusion durch Scheidewände hindurch in Zusammenhang zu bringen. Ich versuchte es mit Zugrundelegung der von Brücke ersonnenen und scharfsinnig begründeten Porenhypothese. Es gelang mir aber weder die aus dieser Hypothese gezogenen Folgerungen mit aller Entschiedenheit zu bestätigen, noch zu widerlegen. Ich war überzeugt, dass hieran wesentlich die Mangelhaftigkeit des Materials, aus dem die zu den Versuchen angewandten Scheidewände bestanden, schuld ist. Ich bediente mich nämlich, obgleich damals schon mit Widerstreben, thierischer Membranen von verwickeltem Gewebe (des Rinderherzbeutels). Merkwürdigerweise sind fast alle Versuche über den fraglichen Gegenstand mit solchen nichts weniger als einfachen und homogenen Scheidewänden angestellt. Abgesehen von der grossen Veränderlichkeit des Materials haben dieselben den Nachtheil, dass sie uns die Erscheinung nicht unter den möglichst einfachen Bedingungen sehen lassen. Wenigstens hatte sich mir schon seit ge-

*) Pogg. Ann. 1855, N°. 1.

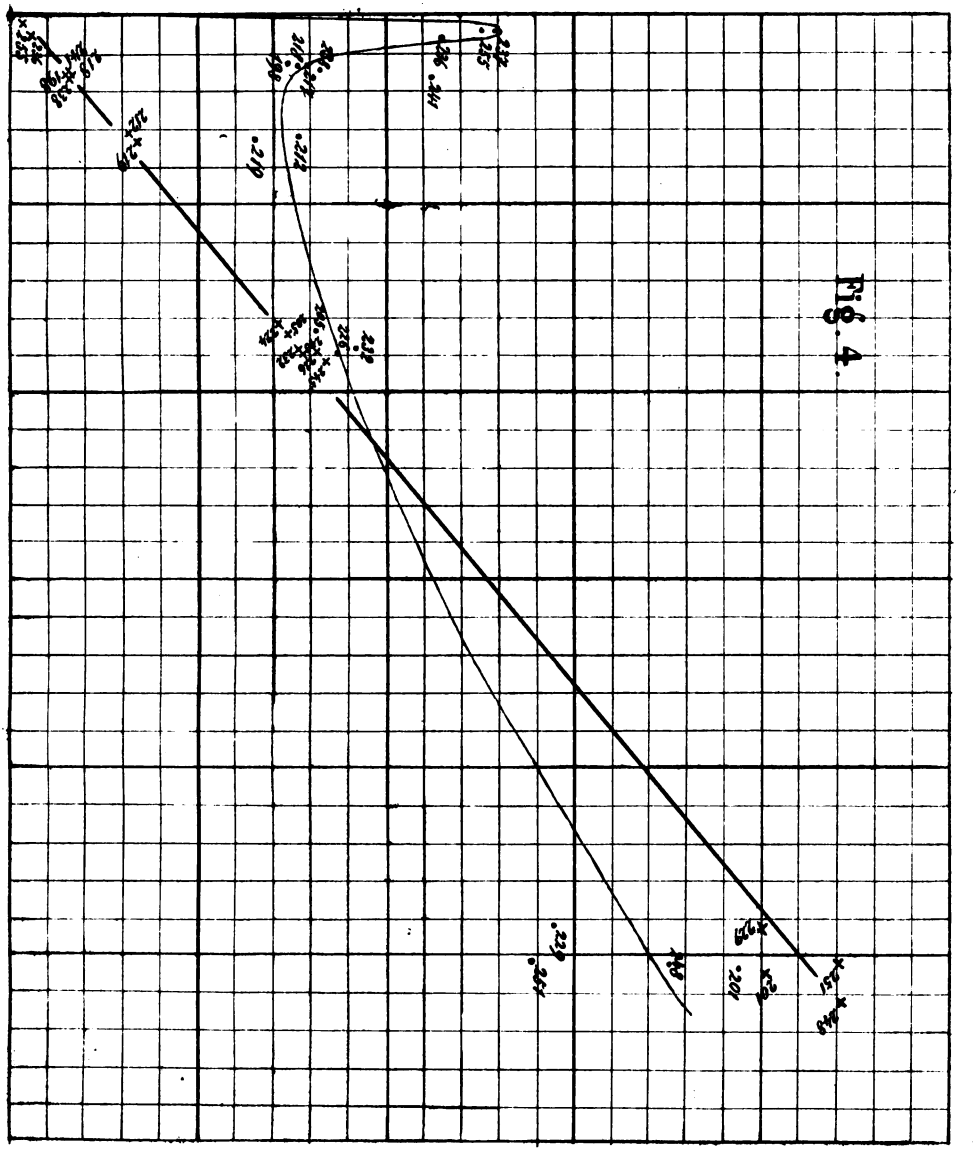
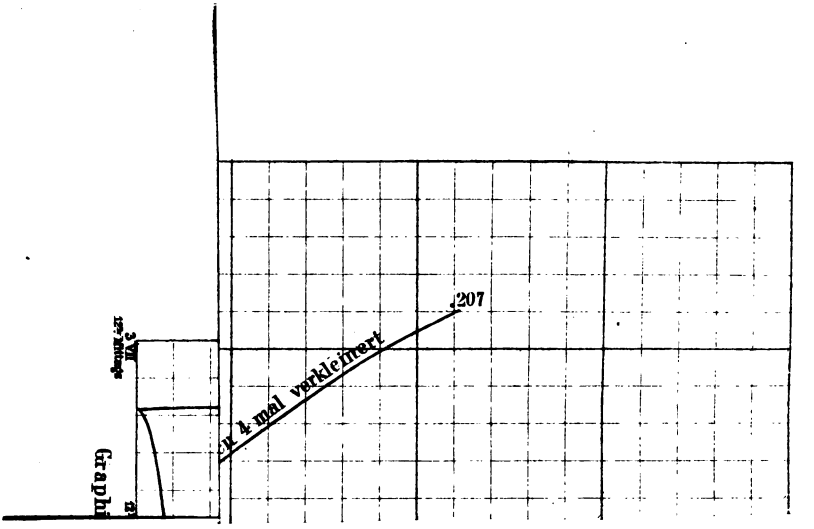


Fig. 4.


207
4 mal verkleinert

raumer Zeit durch aufmerksames Studium der Arbeiten über Endosmose die Vermuthung aufgedrängt, dass unter dieser Bezeichnung zwei ganz verschiedene Klassen von Erscheinungen irrthümlicherweise zusammengebracht werden, die allerdings im Allgemeinen sehr viel Aehnliches haben mögen, deren Gesetze im Einzelnen jedoch sehr verschieden sein können, und dass diese beiden Vorgänge in Versuchen mit geformten thierischen Häuten sich in der Regel gleichzeitig ereignen, so dass weder die Gesetze für den einen noch die für den andern rein hervortreten. Die Sache scheint sich mir nämlich folgendermassen zu verhalten. Die thierischen organisirten Häute haben gewiss fast immer capilläre Poren von einer Grössenordnung, die möglicherweise im Bereiche mikroskopischer Sichtbarkeit liegt; dafür spricht nicht nur ihre Zusammensetzung aus trennbaren und getrennten Formelementen, sondern auch der Umstand ganz schlagend, dass sie eine Filtration zulassen. Durch diese kapillären Poren müssen natürlich, wenn sie selbst mit Flüssigkeit gefüllt mit ihren beiden Enden heterogene Flüssigkeiten berühren, Diffusionsströme gehen, deren Erfolg noch bei etwa vorhandenen Niveauunterschieden durch hydrodynamische Strömungen mehr oder weniger verändert werden kann. Andererseits aber ist der Stoff der thierischen Häute auch im Stande, zwischen seine Molecüle — also z. B. zwischen die Molecüle eines einzelnen nicht weiter zerlegbaren Formelementes — Flüssigkeitstheilchen aufzunehmen. Darin besteht offenbar die „Quellungsfähigkeit" dieser Stoffe. Dass die Quellung wirklich jedenfalls von Flüssigkeit herrührt, die nicht in gröbere capilläre Poren zwischen den gesonderten endlichen Massentheilen, sondern in die letzten Molecularinterstitien eingedrungen ist, wird dadurch unzweifelhaft, dass die nicht weiter zerlegbaren Formelemente selbst noch quellungsfähig sind. Den anorganischen porösen Körpern kommt eine eigentliche Quellung nicht zu. Wirkt auf die im gequollenen Körper enthaltene Flüssigkeit eine nach aussen gerichtete Kraft, stärker als die Kraft, welche sie zwischen jenes Körpers Molecüle hineinzieht, so wird sie denselben verlassen, das ist mechanisch ersichtlich. Ebenso ersichtlich ist, dass die dem Körper so

entzogene Flüssigkeit von anderer Seite her ersetzt werden kann, wohin sie nur von schwächeren Kräften gezogen wird. Die Möglichkeit eines Flüssigkeitsstromes durch den porenlosen quellungsfähigen Körper ist also im Allgemeinen einleuchtend. So hätten wir denn sofort durch die thierische Membran noch einen zweiten Strom, der — wenn ein uneigentlicher Ausdruck erlaubt ist — durch die Substanz selbst geht, während der ersterwähnte durch Löcher geht. Das Resultat eines Versuches mit einer organisirten thierischen Scheidewand ist so in der Regel ein untrennbares Produkt aus zwei Factoren, die sehr verschiedenen Gesetzen unterworfen sein können. Soll die Lehre von diesen Erscheinungen gefördert werden, so scheint es mir vor Allem nöthig, zunächst die beiden Elementarfactoren gesondert zu untersuchen. Um nicht neue Worte zu machen, will ich die eine Art von Strömen — die durch die Löcher — Diffusion durch Scheidewände schlechtweg oder „Porendiffusion" nennen, die andere Art — die Ströme durch die Substanz — endosmotische. Es versteht sich von selbst, dass man zu dem genannten Zwecke zweierlei Arten von Scheidewänden suchen wird, einmal Scheidewände, die, ohne aus quellungsfähiger Substanz zu bestehen, kapilläre Poren haben. Solche Scheidewände sind Thonplatten. An ihnen kann also die Porendiffusion in aller Reinheit studirt werden. Es hat bis auf Weiteres viel Ansprechendes anzunehmen, dass auf sie die Brücke'sche Porenhypothese durchaus anwendbar ist. Andererseits wird man sich nach Scheidewänden umsehen müssen, die aus quellungsfähiger Substanz bestehend von capillären Poren ganz frei sind, um an ihnen die reine Endosmose zu studiren. Ich habe zunächst das letztere Ziel ins Auge gefasst. Der Beweggrund liegt darin, dass ich von physiologischen Gesichtspunkten ausgehend, an dem, was ich endosmotische Erscheinungen im engeren Sinne nannte, ein ganz besonderes Interesse nehmen musste. In der That geschehen ja die für das Leben bedeutungsvollen Molecularströme von Flüssigkeiten immer durch structurlose, also porenlose Membranen. Angesichts dieser allgemein bekannten Thatsache wird man kaum die Bemerkung unterdrücken können, dass gerade für den Physiologen und seine Erklärungzwecke

die Versuche mit organisirten thierischen Häuten ein sehr untergeordnetes Interesse haben, da durch solche, z. B. die Harnblasenwand, im gesunden lebenden Thierkörper gar keine Flüssigkeitsströme gehen oder wenigstens keine, die für das Leben irgend welche Bedeutung hätten. Ich habe es übrigens nicht versäumt, auch Versuche mit porösen unorganischen Scheidewänden zur Vergleichung anzustellen. Ich halte gerade das für das wichtigste Resultat meiner Untersuchung, dass sich durch diese Vergleichung, wie man im weiteren Verlaufe sehen wird, meine Vermuthung zur unzweifelhaften Gewissheit bestätigt hat: es giebt zweierlei Prozesse des Durchwanderns von Flüssigkeiten durch Scheidewände, die ganz verschiedenen Gesetzen unterworfen sind.

Beim Suchen nach einer zu den genannten Zwecken brauchbaren und möglichst unveränderlichen Scheidewand verfiel ich begreiflicherweise zuerst auf Collodiumhäute. Trotz unzähliger fehlgeschlagener Versuche kam ich immer wieder darauf zurück und endlich ist es mir gelungen, wenigstens einige Resultate vollkommen sicher zu stellen, denen, wie mir scheint, eine fundamentale Bedeutung nicht abgesprochen werden kann, insofern sie eben an einem ganz homogenen Material gewonnen wurden. Dass ich die wenigen allgemeineren Resultate schon jetzt in einer ersten Abhandlung veröffentliche, obwohl ich meine Untersuchung keineswegs als eine abgeschlossene betrachte, vielmehr mit weiterer Ausführung derselben in der eingeschlagenen sowohl als in anderen Richtungen fortwährend beschäftigt bin: daran ist der Wunsch schuld, Mitarbeiter zu gewinnen auf diesem Gebiete, dessen Bearbeitung die Kräfte eines Einzigen weit übersteigt. Ich würde es als einen Gewinn und nicht als Verletzung einer Besitzergreifung ansehen, wenn sich Andere mit demselben Gegenstande beschäftigen wollten.

A. Versuche mit Collodiumhäuten.

1. Methode.

Die Vorzüge der Collodiumhäute sind so augenfällig, dass man sie nur zu erwähnen, nicht zu beweisen braucht. Sie sind vollkommen

homogen und structurlos, aus einem chemisch nicht sehr complicirten Stoffe bestehend, der von den meisten Stoffen, deren endosmotische Eigenschaften man etwa zu prüfen wünscht, nicht angegriffen wird — und sie sind, was sehr wichtig ist, der Fäulniss nicht unterworfen, wie die aus thierischen Stoffen gebildeten Membranen. Endlich hat das Kollodium den grossen Vorzug, dass man über die Dicke der Scheidewand Herr ist, ohne gleichzeitig an der sonstigen Beschaffenheit etwas ändern zu müssen. Auf der andern Seite ist nicht zu verkennen, dass die Anwendung der Collodiumhäute ihre grossen Schwierigkeiten hat. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass durch dieselben Mancher abgeschreckt ist, es ist anders kaum zu erklären, dass trotz der auf der Hand liegenden Vorzüge so ausserordentlich wenige Versuche mit solchen Membranen bekannt gemacht sind. Mir sind ausser einigen von mir selbst früher veröffentlichten*) Versuchen nur die von Bucheim**) beschriebenen zu Gesichte gekommen. Die letzteren gehen übrigens auf ein von dem meinigen so verschiedenes Ziel aus, dass ich im weiteren Verlaufe dieser Abhandlung nicht mehr werde Gelegenheit haben, darauf zurückzukommen. Ich selbst war öfters auf dem Punkte, den Gedanken aufzugeben, mit Collodiumhäuten zu arbeiten, so widerspenstig zeigte sich das Material. Man hat zwar nicht mit der Veränderlichkeit, desto mehr aber mit der Zerbrechlichkeit zu kämpfen, vorausgesetzt, dass man die Membranen hinlänglich dünn macht, um einem endosmotischen Strome von erheblicher Stärke Durchtritt zu verstatten. Ich will den Leser nicht ermüden mit der Aufzählung aller fruchtlosen Anstrengungen, die ich wiederholt gemacht habe, um mein Material in eine wirklich brauchbare Form zu bringen. Ich will nur mit zwei Worten erwähnen, mit welchen Formen ich es versuchte. Zuerst fertigte ich aus Kollodium durch Ausgiessen einer ziemlich dünnen Lösung auf eine Glasplatte oder auf einen Quecksilberspiegel dünne ebene Blättchen an und klebte dieselben über Glascylinder mit verschiedenen har-

*) a. a. O.

**) Arch. f. physiol. Heilk. 1853. Heft 2.

zigen Lösungen. Es ist aber kein Firniss im Stande, der Einwirkung der Flüssigkeiten so lange zu widerstehen, als es zuweilen nothwendig ist, diese Art von Versuchen fortzusetzen. Auch das führt nicht zum Ziele, die Blättchen mit Kautschukringen und Seidenfäden über Glascylinder zu binden. Immer füllen sich die kapillären Räume zwischen dem Cylindermantel und dem umgeschlagenen Rande des Collodiumblattes und man entbehrt dann im günstigsten Falle doch den Vortheil, den sonst eine horizontale ebene Scheidewand bietet, indem auch von den Seiten her nicht unerhebliche endosmotische Ströme zu Stande kommen, die bei mehr oder weniger tiefem Eintauchen der Röhre in die äussere Flüssigkeit sich quantitativ verändern. Auch bekommen sehr dünne Häutchen durch die Reibung am Rande des Glases selbst bei der vorsichtigsten Behandlung sehr leicht unendlich feine Risse, die sich oft nicht sobald durch Filtration verrathen und es ist fast unmöglich, mit derselben Membran mehrere vergleichbare Versuche anzustellen *). Ich überzeugte mich bald, dass es durchaus nöthig wäre, zunächst Versuche anzustellen, in welchen die beiden Flüssigkeiten bloss durch eine continuirliche Schicht von Collodium getrennt wären. Ich band daher zunächst ebene Blättchen in der obenangedeuteten Weise verfertigt in Form von Beuteln über die Enden von Glasröhren, füllte dieselben zum Theil mit der einen Flüssigkeit und hängte sie bis zum Niveau derselben in die andere. Bald verliess ich jedoch auch diese Form und blieb bei einer sehr zweckmässigen stehen, die ich bis jetzt beibehalten habe. Man kann bekanntlich sehr schöne Kollodiumbeutel erhalten, wenn man eine Flasche im Innern ganz mit einer Kollodiumlösung anfeuchtet und die sich bildende Haut im Zusammenanhang herauszieht. Das letztere ist sehr leicht auf folgende Art zu bewerkstelligen. Am Rande des Flaschenhalses löst man das Häutchen rings herum ab, bindet es über eine Glasröhre und saugt nun mittels

*) Selbst das hat mir bis jetzt nicht gelingen wollen, eine Collodiumplatte zwischen Kautschukringe einzupressen, jedoch habe ich diese Methode noch nicht definitiv aufgegeben, sondern nur einstweilen bei Seite gelegt.

dieser letzteren die Luft aus dem Inneren des an der Flaschenwand noch anliegenden Kollodiumbeutels, der äussere Luftdruck drückt dann diesen zusammen und löst ihn somit von der Flaschenwand. Der Beutel kann dann leicht aus der Flasche gezogen und durch Aufblasen wieder entfaltet werden. Aus einem Glaskölbchen von etwa 5 Cm. Durchmesser erhielt ich in dieser Weise fast kugelige Beutelchen von 2—3 Cm. Durchmesser, indem sich dieselben beim vollständigen Trockenen beträchtlich zusammenziehen.

Ehe ich einen Beutel verwandte, prüfte ich ihn, ob er nicht unsichtbare Löcher hätte, indem ich ihn mindestens 24 Stunden mit Wasser gefüllt in Wasser hängte, so jedoch, dass das Niveau im Innern 5—10 Mm. höher stand als aussen. Ein Beutelchen, das diese Probe nicht aushielt, bei dem sich das Niveau im Innern merklich gesenkt hatte, wurde verworfen. Die brauchbaren Beutelchen wurden nun verschlossen, indem auf die Röhrchen Korkpfröpfe gesteckt wurden mit einem kleinen Schlitz versehen, dass der Luftdruck innen wirken konnte ohne einer beträchtlichen Verdunstung Raum zu geben, alsdann wurde das Gewicht des ganzen Apparates trocken und feucht bestimmt. Unter dem feuchten Apparate verstehe ich ihn in dem Zustande, in welchem er sich befindet, wenn er in Wasser gehängt hatte und darin enthaltenes Wasser möglichst vollständig ausgegossen und das aussen daran hängende Wasser, soweit es ohne Gefahr für das Beutelchen geschehen konnte, entfernt war. In diesen Zustand wurde nämlich der Apparat allemal beim Beginne eines neuen Versuches versetzt. Alle Versuche, die ich bis jetzt hier mitzutheilen habe, bestanden nun einfach in Folgendem: Das Beutelchen wird bis zu einer gewissen Höhe, jedoch nicht immer zu derselben, mit einer Salzlösung von bekanntem Gehalte gefüllt und gewogen, man erfährt durch Abziehen des Gewichtes des Beutels allein die darin enthaltene Lösungsmenge. Es wird sodann an einem dazu bestimmten kleinen Gestell befestigt, so dass es in ein gläsernes Gefäss hineinhängt und zwar allemal bis genau zu derselben Tiefe. Dies Gefäss wird hierauf bis zu einer durch einen Strich bezeichneten Höhe mit destillirtem Wasser gefüllt. Der Zeitpunkt, in welchem

dies geschieht, wird als Anfang des Versuches notirt. Der ganze Apparat, der auf einem Teller steht, wird hierauf mit einer Glasglocke bedeckt und diese durch auf den Teller ausgegossenes Wasser abgesperrt, so dass der Apparat sich immer in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume befindet. Nach einer gewissen Zeit wird das Beutelchen herausgenommen (dieser Zeitpunkt wird als Ende des Versuches notirt), so weit als möglich von aussen getrocknet und von neuem gewogen. Das in dem äussern Gefässe enthaltene Wasser wird abgedampft und die darein übergegangene Salzmenge bestimmt.

Es diffundiren also in diesen Versuchen Salzlösungen von verschiedenen bekannten Concentrationen gegen reines Wasser durch die Collodiumhäute und man bestimmt die Zeit und die von innen nach aussen übergetretene Salzmenge direct, sowie die für dieselbe von aussen nach innen getretene Wassermenge indirect, indem sie die Summe ist von der Differenz der beiden Wägungen des Beutels und der übergetretenen Salzmenge.

Ferner konnte aus den Daten des Versuches der Gehalt der zu Ende derselben im Beutel befindlichen Lösung berechnet werden. Indem man nämlich die absolute Menge und den Gehalt der zu Anfang des Versuches im Beutel enthaltenen Lösung kennt, kann man die absolute Menge des vorhandenen Salzes berechnen. Zieht man hiervon die nach aussen diffundirte Menge ab und dividirt den Rest durch die aus der zweiten Wägung des Beutels bekannte Menge der am Ende vorhandenen Lösung, so hat man den Gehalt derselben.

Von eigentlichen Fehlern der Methode fällt zunächst ein unvermeidlicher Wägungsfehler in die Augen. Es ist nämlich ersichtlich, dass der Zustand der Membran zu Anfang und zu Ende keineswegs ein ganz constanter ist und dass daher ein Fehler eingeführt wird, indem man ihn für constant ansieht. Das aussen anhängende Wasser kann unmöglich ganz entfernt werden, weil die Membranen viel zu dünn sind, um sie ohne Gefahr des Zerbrechens mit Fliesspapier viel zu berühren und zu reiben, ich musste mich daher darauf beschränken, das Wasser in einen unten anhängenden Tropfen zusammenlaufen zu lassen und diesen womöglich ohne Berührung der

Membran abzunehmen. Da übrigens das Wasser nur geringe Adhäsion zum Collodium hat, so kommt die Membran durch diese Verrichtung immer wieder nahezu auf dieselbe Benetzung. Durch vielfältige Controlwägungen überzeugte ich mich, dass der Fehler nie über ein Centigramm steigt und im Allgemeinen wohl unter einem halben Centigramm bleibt, daher ich auch bei den Wägungen, die mit diesem Fehler behaftet sind, die ganzen Centigramme noch mit angegeben habe. Einen zweiten Fehler führt die im Inneren des Beutels zurückbleibende Flüssigkeit ein, zwar nicht in die Massenbestimmung der anzuwendenden Stoffe, wohl aber in die Bestimmung der Concentration der diffundirenden Lösungen. Zu vermeiden wäre dieser Fehler gewesen, und ist dies auch theilweise geschehen, wenn vor jedem Versuche das Beutelchen mit derjenigen Lösung vollständig ausgespült worden wäre, welche in diesem Versuche zur Anwendung kommen sollte, denn alsdann verändert ja der im Innern zurückbleibende Flüssigkeitstropfen nicht die Concentration der Lösung, die eingefüllt wird, weil er eben dieselbe selbst besitzt. Eine durchgängige Anwendung dieser Vorsichtsmassregel hätte indessen einen bedeutenden Zeitaufwand erfordert, und ausserdem wäre dadurch auch wieder die Existenz der Membranen nicht unbeträchtlich gefährdet worden. Ich habe daher auch diesen Fehler nicht vermieden, um so mehr, da, wie weiter unten gesagt werden wird, die Bestimmung des Einflusses der Concentration schon aus anderen Gründen nicht der Genauigkeit fähig ist, welche die Vermeidung eines solchen erforderlich machte.

Eine fernere Fehlerquelle ist man vielleicht geneigt darin zu suchen, dass auch über der im Inneren enthaltenen Salzlösung die Luft fortwährend mit Wasserdampf gesättigt ist und dass die Lösung auch aus dieser Wasser aufnimmt. Allerdings ist es bekannt, dass eine Wasseraufnahme unter solchen Umständen stattfindet und andererseits habe ich mich selbst überzeugt, dass eine Collodiumhaut von der Feinheit, wie ich sie anwandte, für Wasserdampf keineswegs undurchdringlich ist und dass also in der That, ganz abgesehen von dem Schlitz in dem verschliessenden Korke, der unter der Glocke

befindliche Wasserdampf ins Innere des Beutels seinen Weg findet. Ich hatte nämlich anfangs geglaubt, die Membran lasse keinen Wasserdampf durch, und stellte daher zuerst viele Versuche an, ohne den Apparat mit einer Glocke zu bedecken, indem ich glaubte, die Verkorkung des am Beutel befestigten Röhrchens verhindere schon jede Verdunstung. Die unregelmässigen Resultate solcher Versuche lehrten mich aber bald, dass ich mich geirrt hatte, und eigens angestellte Controlversuche ergaben denn auch, dass durch die Membran hindurch eine sehr bedeutende Verdunstung stattfindet. So z. B. verdunstete in einem Falle aus einem meiner Beutelchen (und zwar noch keinem von den dünnsten) in 48 Stunden 0,2 Gr. Wasser, als dieselbe, Wasser enthaltend, in Wasser gehängt war. Es muss bemerkt werden, dass das Beutelchen noch dazu nicht ganz im Freien hing, sondern dass das Röhrchen, woran es befestigt war, durch einen Kork ging, der das äussere Wassergefäss bedeckte. Aus diesem Grunde entschloss ich mich, eben die Vsrsuche in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre anzustellen, und überzeugte mich, dass der entgegengesetzte Fehler der Wasseranziehung, in den ich dadurch unvermeidlich verfiel, keine namhafte Störung herbeiführen könne. Die aufgenommenen Mengen sind so klein, dass sie gegen die durch Diffusion aufgenommenen Wassermengen vollständig verschwinden. Eine ganz offenstehende gesättigte Kochsalzlösung von ungefähr derselben Oberfläche, wie sie die in meinen Beuteln enthaltene Flüssigkeit bietet, nahm in 14 Stunden aus einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre 0,07 Gr. Wasser auf. Weniger concentrirte Lösungen nahmen noch weniger auf und zwar — das mag hier beiläufig bemerkt sein — nimmt diese Wasseraufnahme weit rascher ab, als die Concentration. Bedenkt man nun, dass doch immerhin der theilweise Abschluss der Lösungen durch die Membran in meinen Versuchen ein beträchtliches Hinderniss für den Durchgang des Wasserdampfes abgiebt, so ist einleuchtend, dass der in Rede stehende Fehler keiner Beachtung werth ist und dass er sich unter dem oben erwähnten Wägungsfehler verstecken wird. Ich übergehe daher auch einige Versuche, die ich anstellte, um ihn directer zu

eliminiren, die jedoch zu keinen hinlänglich constanten Resultaten führten.

Ausser diesen eigentlichen Fehlern ist die fragliche Methode noch mit zahlreichen Unvollkommenheiten behaftet. Vor Allem hat man es nicht zu thun mit einem Strome, der in allen Theilen dieselbe Richtung hat, wie wenn man eine horizontal ausgespannte Membran hätte, die an allen Stellen in lothrechter Richtung von den bewegten Stoffen durchsetzt wird; vielmehr strömt hier von unten und von den Seiten das Wasser nach innen und von oben und nach den Seiten das Salz nach aussen. Wir müssen uns damit begnügen, wenigstens einmal dieselben Richtungen zu haben, wie das andere Mal. Es scheint übrigens, aus der Gesetzmässigkeit der Resultate zu schliessen, die Richtung der Ströme ohne Einfluss zu sein. Ferner schliesst die Methode die Möglichkeit aus, Druckdifferenzen ganz zu vermeiden. Es muss nothwendig mindestens im Verlaufe des Versuches, wo ja das innere Niveau steigt, dieses höher werden, als das äussere, selbst wenn sie anfangs gleich waren. Wollte man nämlich während des Versuches das Beutelchen immer tiefer eintauchen, so würde man eine immer grössere Oberfläche in's Spiel bringen und so wenigstens einige von den Schlüssen unmöglich machen, die aus den Versuchen gezogen werden sollen. Ohnehin ist leider schon die eigentlich diffundirende Oberfläche nicht ganz vollkommen constant. Wie nämlich das innere Niveau steigt, so sinkt das äussere und es wird also gegen Ende des Versuches nur noch durch einen kleineren Theil des Beutels die Diffusion von statten gehen können, als zu Anfang. Dieser Umstand wird wenigstens in sofern zur eigentlichen Fehlerquelle, als ich die diffundirende Oberfläche allemal in einer Versuchsreihe als constant angesehen habe. Gross ist dieser Fehler indessen nicht, denn abgesehen von einigen wenigen Versuchen, die leicht kenntlich sind an einer auffallend grossen Gewichtszunahme des Beutels, beträgt das Sinken des äusseren Niveaus kaum mehr als 1 Mm. und was das wichtigste ist, beträgt es fast in allen mit derselben Membran angestellten Versuchen gleich viel unabhängig von der Concentration. Aus leicht begreiflichen Gründen kann von einer genaueren

Abschätzung dieses Fehlers keine Rede sein. Man bedenke nur, dass die Gestalt des Beutels keine regelmässige ist (die feineren Beutel insbesondere legen sich immer in Falten), und dass vermöge der capillären Aufsteigung am Beutel das messbare Niveau nicht maassgebend ist für die Grösse der benetzten Oberfläche. Man hätte übrigens diesen Fehler, wenn er sich störend bemerkbar gemacht hätte, leicht so gut wie ganz vermeiden können durch Anwendung grösserer Wassermengen aussen in weiteren Gefässen. Da ich aber gar keine Störung von dieser Seite wahrnahm, so zog ich es vor, bei den kleineren Wassermengen von etwa 50–60 Gr. zu bleiben, die sich bequemer unter der Glocke anbringen lassen und nicht so viel Zeit zum Abdampfen erfordern, und die doch ausreichen, um, trotz der austretenden Salzmengen, aussen eine so verdünnte Lösung zu erhalten, dass man sie ohne merklichen Fehler bis zu Ende des Versuches als reines Wasser ansehen kann.

Wir haben also in unseren Versuchen neben den veränderten übrigen Bedingungen auch Veränderungen in den auf beiden Seiten wirksamen hydrostatischen Drücken. Der Einfluss dieser Bedingung konnte sich also für diesmal nicht gesondert herausstellen. Doch darf man wohl von vornherein überzeugt sein, dass Druckdifferenzen von der Kleinheit, wie sie hier vorkommen, von 5 Mm. höchstens (abgesehen von einigen extremen Fällen), überall ohne Einfluss sind auf den in Rede stehenden Vorgang. Ich glaube selbst, in zwei Versuchen, wo alle übrigen Bedingungen möglichst gleich waren, kann die Abweichung der Resultate nicht der Verschiedenheit des Druckes zugeschrieben werden, weil doch immer noch andere Bedingungen, die weit mehr Einfluss haben, gar nicht ganz constant erhalten werden können. Ich habe daher die Druckdifferenzen gar nicht notirt und werde im weiteren Verlaufe der Darstellung keine Rücksicht darauf nehmen. Sollte einmal später der Einfluss dieses Factors untersucht werden, so müssten die Druckdifferenzen absichtlich viel grösser gemacht werden.

Ein wesentlicher Uebelstand der Methode besteht in den oben schon beiläufig erwähnten Falten, in welche sich unsere Beutel

unvermeidlich legen, wenn sie einigermassen fein sind. Es ist nun offenbar, dass in einer einspringenden Falte z. B. eine gewisse Menge der umspülenden Flüssigkeit theilweise abgesperrt ist und dass in dieser alsbald vermöge des Salzaustrittes eine Concentration Platz greifen wird, die keineswegs ohne Fehler der Null gleich gesetzt werden dürfte. Diese Falten sind nun vielleicht nicht einmal in einem Versuche genau, wie im andern. Aber selbst, wenn dies der Fall wäre, würden sie doch unregelmässige Störungen hervorbringen können. Dass an eine Elimination der aus dieser Quelle stammenden Fehler gar nicht entfernt gedacht werden kann, versteht sich von selbst. Zu vermeiden ist der Uebelstand nur, wenn die Beutel sehr dick und klein sind, so dass sie hinlängliche Steifigkeit besitzen, um unter dem Drucke der kleinen darin enthaltenen Wassermenge ihre Gestalt zu behaupten. Von den Beuteln, die zu den mitgetheilten Versuchen gedient haben, waren nur die mit g, b und q bezeichneten faltenlos. Den Falten bin ich vorzugsweise geneigt, die grösseren Abweichungen von der Gesetzmässigkeit zuzuschreiben.

Es folgen nun zunächst die Versuche selbst in tabellarischer Zusammenstellung, und dann gehe ich über zu den daraus zu ziehenden Folgerungen. Wer sich die so eben mehr angedeuteten als auseinandergesetzten Schwierigkeiten und Mängel der Methode lebhaft vergegenwärtigt, wird sich vielleicht eher darüber wundern, dass überhaupt eine Gesetzmässigkeit in den Erscheinungen deutlich hervortritt, als darüber, dass Abweichungen von der im Allgemeinen durchgreifenden Gesetzmässigkeit vorkommen.

2. Versuche.

	Bezeichnung des Versuches.	Temp. in Graden der hunderttheil. Scala.	Geh. d. innern Lösung zu Anf. d. Versuches.	Geh. d. innern Lösung zu Ende d. Versuches	Mittl. Geh. d. innern Lösung.	Im Ganzen übergetret. Wasser in Gramm.	Im Ganzen übergetret. Salz in Gramm.	In 5 Min. übergetret. Wasser in Milligramm.	In 5 Min. übergetret. Salz in Milligramm.	Gew. d. zu Anfang d. Versuches im Beutel enthalt. Lösung in Gramm.
			G_0	G_1	$\frac{G_0+G_1}{2}$	w	s	v	σ	L_0
I. Membran b. Kochsalzlösungen. Diffundirende Fläche = 2160 □ Mm. Dicke der Membran = 0,0066 Mm.	133	20	0,015	0,008	0,012	1,89	0,047	1,54	0,038	8,62
	134	20	0,058	0,049	0,053	1,04	0,039	5,41	0,202	9,64
	135	20	0,270	0,225	0,248	2,08	*0,077	27,73	1,033	11,65
	136	20	0,098	0,074	0,083	1,79	0,082	9,57	0,438	10,49
	137	20	0,140	0,126	0,133	0,95	0,054	15,32	0,877	12,21
	139	20,5	0,093	0,073	0,082	1,82	0,093	9,68	0,521	10,99
	140	20,5	0,140	0,124	0,132	1,04	0,062	15,80	0,941	11,89
	141	20,5	0,270	0,253	0,261	0,82	0,059	34,17	2,475	14,28
II. Membran g. Kochsalzlösungen. Diffundirende Fläche = 1980 □ Mm. Dicke der Membran = 0,015 Mm.	132	20	0,015	0,013	0,014	1,37	Spur.	0,80	0	9,68
	138	20	0,093	0,074	0,084	*2,41	0,0143	4,19	0,0249	10,25
	143	21	0,140	0,119	0,130	1,73	0,0100	7,85	0,0454	10,47
	146	21,5	0,093	0,073	0,083	2,80	0,0170	4,76	0,0290	11,29
	151	23	0,270	0,242	0,256	1,37	0,0071	17,21	0,0894	11,97
	154	23	0,015	0,012	0,013	1,58	0,0181	0,82	0,0094	10,18
	163	21	0,270	0,201	0,236	4,19	0,0374	15,74	0,1406	12,58
	167	21	0,015	0,014	0,014	1,83	0,0247	0,90	0,0122	10,24
	176	22,5	0,270	0,189	0,230	4,22	0,0484	16,04	0,1840	10,21
	178	23,5	0,093	0,066	0,080	3,26	0,0429	5,64	0,0742	9,59
	189	23,5	0,270	0,192	0,231	4,70	0,0566	16,21	0,1956	12,16
	191	23-26	0,039	0,028	0,034	2,75	0,0402	2,36	0,0345	10,78
	196	25	0,100	0,078	0,089	2,30	0,0288	6,46	0,0810	9,42
	199	25	0,270	0,212	0,241	*4,14	0,0477	19,42	0,2241	15,76
III. Membran l.—Kochsalzlösungen. Diffundirende Fläche u. Dicke nicht bestimmt. Die Membran war jedoch so dünn, dass sie Interferenzfarben zeigte.	159	20,5	0,270	Wurde nicht bestimmt.		0,765	0,005	95,6	0,61	Das Gewicht des Beutels war nicht bestimmt worden.
	160	20,5	0,015			1,70	0,018	7,80	0,085	
	161	20,5	0,270			*1,34	0,014	*148,8	1,5	
	162	20,5	0,015			2,09	0,039	7,52	0,14	
IV. Membran q. Diffundirende Fläche u. Dicke nicht bestimmt.	166	20	0,140	0,126	0,133	1,00	Spur.	12,9	0	9,27
	170	20	0,140	0,109	0,124	2,51	0,0120	12,1	0,0582	9,24
	171	20,5	0,015	0,012	0,014	1,44	0,0077	1,7	0,0090	7,60
	174	21,5	0,093	0,064	0,078	2,73	0,0143	7,6	0,0396	6,39
	177	23	0,140	0,104	0,122	2,66	0,0180	12,8	0,0869	8,02
	179	23	0,093	0,066	0,080	3,13	0,0302	8,6	0,0831	8,82
	180	23,5-24	0,015	0,011	0,013	1,30	0,0122	1,6	0,0156	6,43
	182	23,5	0,100	0,072	0,086	2,82	0,0308	9,8	0,1076	8,12
	183	24	0,270	0,224	0,247	1,77	0,0192	33,1	0,3604	8,92
	184	24,5	0,039	0,028	0,033	2,07	0,0247	4,0	0,0483	6,92
	186	25	0,270	0,224	0,247	2,00	0,0247	30,4	0,3750	10,23
	187	25	0,100	0,078	0,089	2,22	0,0297	10,6	0,1419	9,02
	188	24,5	0,018	0,013	0,015	1,46	0,0182	1,7	0,0212	7,86
	192	24	0,100	0,074	0,087	3,12	0,0462	10,9	0,1615	10,35
	193	25	0,270	0,233	0,252	2,89	0,0368	32,2	0,4122	12,66

	Bezeichnung des Versuches.	Temperatur in Graden der hunderttheiligen Scala.	Gehalt der inneren Lösung im Anfang.
			G_0
V. Membran f.	197	25	0,039
	200	25	0,270
	202	25	0,018
	204	24,5	0,018
	206	24,5	0,039
	207	24	0,270
	208	24	0,100
	209	24	0,018
	213	24,5	0,018
VI. Membran r. Zuckerlösungen. Diffundirende Fläche = 2430. Dicke = 0,0056.	220	25	0,507
	221	24	0,507
	223	24	0,203
	225	21—23	0,078
	227	21	0,203
	228	20,5	0,078
VII. Dieselbe Membran ebenso tief eingetaucht mit Kochsalzlösungen.	239	19,5	0,100
	253	18	0,270
VIII. Dieselbe Membran ebenso tief eingetaucht mit Chlorcalciumlösungen.	249	18	0,090
	250	18	0,390
IX. Membran b. — Dicke = 0,016. Diffundirende Fläche = 1800 □Mm. Kochsalzlösungen.	149	23	0,140
	256	19	0,270
X. Dieselbe Membran ebenso tief eingetaucht mit Chlorcalciumlösungen.	247	18	0,452
	252	18	0,390
	254	19	0,452
XI. Dieselbe Membran gleich tief eingetaucht. Zuckerlösungen.	230	20,5	0,507
	233	21	0,203
XII. Membran p. Chlorcalciumlösungen. Dicke und diffundirende Oberfläche nicht bestimmt.	240	19,5	0,452
	242	19,5	0,090
	244	18,5	0,452
	246	18,5	0,090

Gehalt der inneren Lösung am Ende.	Mittlerer Gehalt.	Im Ganzen übergegangenes Wasser in Gramm.	Im Ganzen übergegangenes Salz in Gramm.	In 5′ übergegangenes Wasser in Milligramm.	In 5′ übergegangenes Salz in Milligramm.	Gewicht der zu Anfang d. Versuches im Bentel enthaltenen Lösung in Gramm.
G_1	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	w	s	v	σ	L_0
0,025	0,032	5,88	0,0318	27,7	0,150	12,90
0,210	0,240	4,11	0,0220	205,6	1,099	14,75
0,012	0,015	3,81	0,0275	14,4	0,104	13,15
0,015	0,016	1,51	0,0129	17,5	0,149	13,86
0,025	0,032	5,87	0,0584	29,3	0,292	14,38
0,217	0,244	3,67	0,0379	203,8	2,105	15,52
0,077	0,089	4,14	0,0485	81,8	0,958	15,87
0,012	0,015	3,41	0,0371	16,0	0,174	12,79
0,011	0,014	4,28	0,0493	14,7	0,166	13,29
0,313	0,410	10,96	Sehr kleine Mengen wurden nicht gemessen.	52,94		17,71
0,483	0,495	0,73		76,04		14,96
0,178	0,191	2,02		27,15		14,50
0,058	0,068	4,40		8,57		13,38
0,155	0,179	5,34		20,46		17,05
0,059	0,069	4,58		8,02		14,76
0,071	0,085	6,13	Wurde nicht bestimmt.	85,6		14,86
0,231	0,251	2,39		183,8		14,01
0,069	0,079	3,40		61,15		11,35
0,325	0,357	– 2,94		207,0		14,79
0,125	0,132	1,06		3,74		8,71
0,250	0,260	0,89		4,73		11,14
0,393	0,422	1,84		6,84		12,36
0,342	0,366	1,82		5,97		13,08
0,393	0,422	1,93		7,00		12,78
0,501	0,504	0,49		1,689		11,56
0,195	0,199	0,46		0,533		11,48
0,330	0,391	6,55	0,0179	98,6	0,27	17,83
0,082	0,086	6,05	0,0379	21,3	0,13	17,15
0,426	0,439	1,44	Wurde nicht bestimmt.	94,7		16,98
0,070	0,080	3,31		16,8		13,11

Die Einrichtung der mitgetheilten Tabellen bedarf keiner Erläuterung. Es mag nur, um Missverständnissen vorzubeugen, hier ausdrücklich erwähnt sein, dass die Zahlen, welche den Gehalt der Lösungen andeuten (also die in den mit G_0, G_1, $\frac{G_0 + G_1}{2}$ überschriebenen Columnen enthaltenen Zahlen), die in der Gewichtseinheit Lösung enthaltenen Salzmengen bedeuten. Um nicht überflüssige Zahlen mit aufzuführen, habe ich die Dauer der Versuche und die Lösungsmenge im Beutel zu Ende des Versuches weggelassen; in der That ergiebt sich ja jene sofort durch Division der in der Zeiteinheit (ich wählte als solche 5 Minuten) übergetretenen Wassermenge v in die während des ganzen Versuches übergetretene Wassermenge w, die im Beutel zu Ende des Versuches enthaltene Lösungsmenge L_1 ist begreiflicherweise $= L_0 + w - s$.

Von den mit einem Sternchen bezeichneten Zahlen habe ich die Vermuthung, dass sie irgend einem gröberen zufälligen Fehler — etwa einem Irrthum in der Zählung der Gewichte etc. — ihre Entstehung verdanken, daher sie denn auch bei den zu ziehenden Schlüssen nicht berücksichtigt werden.

3. Einfluss der Zeit. — Veränderung der Membranen.

Man ist von vornherein geneigt, die Collodiummembranen für ein ganz unveränderliches Material zu halten, und ich selbst wurde durch diese Meinung, die ich für ein unumstössliches Dogma hielt, wesentlich bestimmt, mich derselben zu meinen Versuchen zu bedienen. Die Hartnäckigkeit, mit welcher ich an diesem Glauben fest hielt, der übrigens nicht ganz sinnlos war, wie man sogleich sehen wird, der vielmehr durch eine theilweise Unveränderlichkeit immer wieder neue Nahrung erhielt, hat mich viel Zeit und Mühe gekostet. Ich musste mich durch ein wahres Labyrinth von Versuchen durchwinden, bis ich mich von meiner vorgefassten Meinung trennen konnte und in meinen Membranen einen mit der Zeit unter dem Einfluss von Salzlösungen höchst veränderlichen Körper erkannte. Wie sich jedoch die Sache nunmehr herausgestellt hat, ist gerade die Verände-

rung der Membranen höchst lehrreich. Sie ist eine vollkommen gesetzmässige und verspricht keine unbedeutende Ausbeute für eine dereinstige Theorie der Endosmose.

Das Gesetz der in Rede stehenden Veränderung ist im Allgemeinen folgendes: Ist eine Collodiummembran fortwährend mit Lösungen ein und desselben Salzes in Berührung (wie dies ja der Fall ist, wenn sie hintereinander zu vielen Versuchen von der beschriebenen Art gebraucht wird), so nimmt ihre Durchgängigkeit für das Salz fortwährend zu, jedoch nach und nach immer langsamer, dahingegen bleibt die Durchgängigkeit der Membran für Wasser constant. Man wird begreifen, wie gerade dieses Gesetz ganz geeignet ist, den Experimentator in die Irre zu führen, denn wem wird es einfallen, die Membran, die er unveränderlich sieht in Beziehung auf den Wasserstrom, für veränderlich in Beziehung auf den Salzstrom zu halten. So schrieb ich denn auch anfangs die Schwankungen des Salzstromes Fehlern zu oder suchte vergeblich nach störenden Einflüssen, bis ich endlich durch beharrliches Vervielfältigen der Versuche das so eben ausgesprochene Gesetz herausfand, zu dessen Begründung ich nunmehr schreite. Der zweite Satz, der die Constanz des Wasserstromes ausspricht, findet sich leicht bestätigt, wenn man aus den einzelnen Tabellen immer diejenigen Versuche zusammenstellt, die unter möglichst gleichen Verhältnissen angestellt wurden, und die Zahlen vergleicht, welche das in der Zeiteinheit übergetretene Wasser (v) messen. Ich muss bemerken, dass in jeder der Tabellen die Versuche immer in der Reihenfolge, in welcher sie nacheinander angestellt wurden, aufgezeichnet sind. Auch folgten die Versuche jeder einzelnen Tabelle immer stetig aufeinander, ausgenommen die der N°. VII und IX, die deshalb auch in diesem Paragraphen nicht benutzt werden können. Benutzen wir z. B. die Tabelle II, die einen Zeitraum von 43 Tagen umfasst, während dessen die Membran fortwährend mit Kochsalzlösung in Berührung war. Die Versuche 151, 163, 176 und 189 sind bei nahezu gleicher mittlerer Concentration und bei nahezu gleicher Temperatur angestellt. Die Zusammenstellung der vier dazu gehörigen Grössen

v ergiebt in der That einen nahezu gleichen Wasserstrom, wenigstens ist entschieden keine Zunahme vom ersten gegen den letzten dieser Versuche hin, die um 23 Tage auseinander liegen, wahrzunehmen, wie ein Blick auf beifolgende Zahlen zeigt:

Versuch	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	v
151	0,256	17,21
163	0,236	15,74
176	0,230	16,04
189	0,231	16,21.

Die stärkere Abweichung vom Mittel beim ersten der vier Versuche findet ihre Erklärung im folgenden Paragraphen, wo vom Einflusse der Concentration gehandelt werden wird.

Etwas weniger schlagend ist die Zusammenstellung der Versuche derselben Tabelle:

	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	v
146	0,083	4,76
178	0,080	5,64
196	0,089	6,46,

von denen der letzte 31 Tage nach dem ersten angestellt wurde. Wenn man jedoch bedenkt, dass während dieser Zeit die Temperatur um 4° gestiegen war und dass im letzten die mittlere Concentration auch nicht unbeträchtlich die im ersten übersteigt, so wird man nicht auf eine von der Zeit abhängige Zunahme der Durchgängigkeit für Wasser schliessen.

Gehen wir über zur Tabelle IV, die einen Zeitraum von 20 Tagen umfasst. Die Versuche mit einer 0,12 etwas übersteigenden Concentration sind:

	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	v
166	0,133	12,9
170	0,124	12,1
177	0,122	12,8.

Die Versuche mit einer 0,24 wenig übersteigenden mittleren Concentration sind:

	$\frac{G_0 + G_1}{2}$		v
183	— 0,247	—	33,1
186	— 0,247	—	30,4
193	— 0,252	—	32,2.

Von den drei zuerst angeführten Versuchen wurde der letzte 7 Tage nach dem ersten, von den zuletzt angeführten der letzte ebenfalls 7 Tage nach dem ersten angestellt.

Endlich hebe ich noch aus Tabelle V die Versuche

	$\frac{G_0 + G_1}{2}$		v
200	— 0,240	—	205,6
207	— 0,244	—	203,8

und die Versuche

202	— 0,015	—	14,4
213	— 0,014	—	14,7

hervor. 207 wurde 2 Tage nach 200 und 213 wurde 3 Tage nach 202 angestellt.

Diese Beispiele werden genügen, den Satz festzustellen: Die Intensität des zu einer Kochsalzlösung durch eine Colloidummembran gehenden Wasserstromes ist unter sonst gleichen Bedingungen unabhängig von der Zeit, während welcher die Membran mit Kochsalzlösung in Berührung gewesen ist.

Es dürfte kaum zu kühn sein, diesen Satz ohne Weiteres auf alle Salze oder sonst der Endosmose fähigen in Wasser löslichen Stoffe auszudehnen. Hypothetisch bleibt freilich eine solche Verallgemeinerung immerhin und nur als Hypothese mag sie daher hier ausgesprochen werden. Sie gewinnt jedoch schon sehr an Wahrscheinlichkeit, wenn man einen Blick auf die Tabellen VI und XII wirft und sich überzeugt, dass sie auf Zucker und Chlorcalcium ebenfalls anwendbar ist.

Gehen wir nun zu dem höchst sonderbaren Verhalten des dem Wasserstrom entgegengerichteten Salzstromes über. Ich nehme wie-

der zunächst meine Beispiele aus der Tabelle II. Im ersten Versuche derselben konnte bei einem sehr namhaften Wasserstrome gerade nur eine Spur übergegangenen Salzes nachgewiesen werden, die Quantität war nicht bestimmbar. In dem Versuche 154 waren alle Bedingungen denen des ersten nahezu gleich, ja es war die mittlere Concentration sogar etwas geringer und war daher auch der Wasserstrom, wie die unter v stehende Zahl der Tabelle ausweist, wieder fast genau derselbe, hingegen war die Intensität des Salzstromes von 0 auf 0,0094 Mgr. gestiegen. Die Ursache dieses Wachsthums der Durchgängigkeit für Salz kann nur darin gesucht werden, dass der Versuch 154 angestellt war, nachdem die Membran 14 Tage lang mit Salzlösung in Berührung gewesen war, während sie im Versuch 132 erst eben damit in Berührung gebracht wurde. Dasselbe Verhalten zeigen alle übrigen ähnlichen Zusammenstellungen: immer ist in einem späteren unter gleichen Bedingungen angestellten Versuche der Salzstrom stärker als in einem früheren, während in zwei solchen Versuchen, wie sich oben gezeigt hat, die Wasserströme gleich stark sind. Es nimmt demnach für Collodiumhäute und Kochsalz das Verhältniss des Salzstromes zum Wasserstrome — das man mit Jolly das endosmotische Aequivalent nennt — stetig ab mit zunehmender Zeit, während welcher die Membran mit Salzlösung in Berührung ist.

Eine genauere Vergleichung der zusammengehörigen Zahlen lässt nun noch mancherlei nähere Bestimmungen des so eben nur in seinen allgemeinsten Zügen ausgesprochenen Gesetzes erkennen. Vor Allem lassen die ersten Versuche der Tabellen II und IV vermuthen, dass zu Anfang die Membranen für Salz ganz undurchdringlich sind. Dieser Vermuthung reden noch viele andere erste Versuche mit anderen Membranen das Wort, die ich nicht mit aufgenommen habe, weil die Membranen nicht zu grösseren Reihen gebraucht werden konnten. Allemal wenn die Membran nicht ganz ausserordentlich dünn war, ergab der erste damit angestellte Versuch unbestimmbar kleine Mengen — gerade nur Spuren — von übergegangenem Salz. Aber auch die Versuchsreihen mit sehr dünnen Membranen, deren

erste gleich namhafte Salzmengen liefert, sind geeignet, die ausgesprochene Vermuthung zu bestätigen, wenn man nur die Art des Wachsthums der Durchgängigkeit untersucht. Es ist zu diesem Ende am bequemsten, die Durchgängigkeit der Membran für Salz als Function der Zeit graphisch darzustellen. Dies ist in Fig. 1, 2, 3 geschehen mit Benutzung der Versuchsreihen II, III, V. Auf eine horizontale Abscissenaxe sind die Zeiten aufgetragen und an einem Punkte, welcher der Mitte eines Versuches entspricht, ist allemal eine der diesem Versuche angehörigen Grösse σ (Intensität des Salzstromes) proportionale Ordinate errichtet. Die mit den Zahlen 151, 163, 176, 189 und 199 in Fig. I bezeichneten Punkte sind die so gewonnenen Ordinatenendpunkte für die mit denselben Zahlen in Tabelle II bezeichneten Versuche, welche sämmtlich mit einer mittleren Lösungsdichtheit von nahezu 0,24 angestellt wurden. Verzeichnet man nun eine Curve (wie dies in der Figur geschehen), welche sich den fünf Punkten möglichst nahe anschliesst, so dürfte man in ihren Ordinaten die Salzstromintensitäten sehen, welche bei einer Concentration von 0,24 jederzeit statt haben würde. So würde z. B., wenn am 3. Juli eine 24% Lösung in der Membran g gewesen wäre, 0,12 Mgr. Salz dieselbe in 5 Minuten durchsetzt haben. Uebrigens macht die in Rede stehende so wie die übrigen aus freier Hand nach individuellem Gefühl gezeichneten Curven keineswegs den Anspruch, das Quantitative der Sache genau darzustellen, und eine auf langwierige Ausgleichungsrechnungen gestützte empirische Formel aufzustellen, hätte jedem aufmerksamen Leser des ersten Paragraphen lächerlich erscheinen müssen. Wir müssen uns einstweilen begnügen, unseren Curven wenigstens einige besondere qualitative Züge des Gesetzes abzusehen. Es ist nun klar, dass die Curven sämmtlich ganz entschieden gegen die Abscissenaxe concav sind und dass sie ungezwungen auf den Coordinatenursprung zielen, durch welchen sogar die unterste vermöge des dazu gehörigen Versuches 132 geradezu gehen muss. Das bedeutet also, dass bei jeder Concentration die Durchgängigkeit für Salz im Anfang Null ist und dass das Wachsen derselben mit der Zeit nicht gleichen Schritt hält, sondern im Anfang

rascher ist und allmälig immer langsamer wird. Vergleichen wir mit Fig. 1 die Fig. 2, welche die Versuchsreihe V und die Fig. 3*), welche die Versuchsreihe III darstellt. Es ist zu bemerken, dass hier nicht wie bei II die Undurchgängigkeit für Salz im Anfang eine beobachtete Thatsache ist, sie ist vielmehr bloss auf dem Wege der Analogie vermuthet. Niemand wird indessen leugnen, dass die den zusammengehörigen Versuchspunkten möglichst angepassten Curven sich wiederum ganz ungezwungen durch den Coordinatenursprung führen lassen. In diesem Sinne gewährt die Figur 3 ein besonderes Interesse, denn sie scheint mir zu zeigen, dass selbst bei ganz enorm**) dünnen Membranen die Durchgängigkeit für Salz im Anfang Null ist. Leider konnte die in dieser Figur dargestellte Versuchsreihe nicht weiter fortgesetzt werden, weil die Membran bald verunglückte und so nicht einmal (weil ihr Gewicht noch nicht bestimmt war) die mittlere Concentration berechnet werden konnte, ich habe mir daher erlauben müssen, die anfängliche statt der mittleren einzuführen.

Die gegen die Abscissenaxe concave Gestalt unserer Curven scheint sich immer mehr einer zur Abscissenaxe parallelen Geraden asymptotisch anzuschliessen. D. h. also, es ist zu vermuthen, dass die Membranen, indem ihre Durchgängigkeit immer langsamer und langsamer wächst, allmälig in einen stationären Zustand kommen. Leider habe ich keine meiner Membranen hinreichend lange erhalten können, um den stationären Zustand beobachten zu können. Eine Vergleichung der Krümmungen auf Fig. 1, 2 und 3, wobei jedoch die Verschiedenheit des Maasstabes der Abscissen (der in Fig. 2

*) Der Coordinatenanfang fällt hier nicht mit dem Anfangsmoment der Versuchsreihe zusammen, der letztere entspricht vielmehr dem Punkt, von welchem die beiden Curven ausgehen. Im Uebrigen werden die Curven keiner Erklärung bedürfen, indem aus den darauf geschriebenen Zahlen das Nöthige erhellt, insbesondere auch, dass die Maasstäbe der Abscissen sowohl als der Ordinaten andere sind als in Fig. 1.

**) Die Membran 1 war so dünn, dass sie Interferenzfarben zeigte.

fünfmal, in Fig. 3 zehnmal grösser ist, als in Fig. 1) und der Ordinaten in Anschlag zu bringen ist, lässt keinen Zweifel darüber, dass das Wachsthum der Durchgängigkeit um so rascher ist, je dünner die Membran — l war am dünnsten, f auch noch sehr dünn, g bedeutend dicker — und dass der stationäre Zustand bei einer dünnen Membran viel früher erreicht sein wird, als bei einer dickeren. Ist dieser einmal erreicht, so ist vielleicht (Beweise habe ich dafür noch nicht vorzubringen) das Verhältniss zwischen Wasserstrom und Salzstrom — das Aequivalent — bei dicken Membranen eben so klein, als bei dünnen, während es begreiflicherweise in gleich weit vom Anfang abstehenden Zeitmomenten vor Erreichung des stationären Zustandes bei dicken Membranen viel grösser sein muss, als bei dünnen, weil eben in einem solchen Momente die dicke Membran noch nicht in einem so vorgeschrittenen Stadium der Durchgängigkeit für Salz angekommen ist, als die dünne.

Ob das hier für Kochsalz bewiesene Gesetz für andere Salze ebenfalls gelte, bleibt einstweilen hypothetisch. Ich werde nur im nächsten Paragraphen noch einige Umstände hervorheben können, die es wahrscheinlich machen, dass es wenigstens für Chlorcalcium seine Gültigkeit behält. Die Veränderlichkeit des Salzstromes neben einem constant bleibenden Wasserstrom deutet auf eine relative Unabhängigkeit beider Ströme von einander. Diese Bemerkung, die eigentlich nur ein Ausdruck der Thatsachen ist, kann ich hier nicht unterdrücken. Jeder bestimmteren theoretischen Andeutung glaube ich mich jedoch für diesmal enthalten zu müssen.

4. Einfluss der Concentration.

Schon seit langer Zeit hat man es gleichsam als ein Axiom angesehen, dass die Intensität der endosmotischen Ströme, wenn auf der einen Seite der Scheidewand reines Wasser ist, unter sonst gleichen Bedingungen der Concentration der auf der andern Seite befindlichen Lösung einfach und direct proportional wachse. Ludwig lässt diese Proportionalität gelten für den Wasserstrom, leugnet sie aber für den Salzstrom, seine Versuche übrigens lassen zwar im

Allgemeinen ein Wachsen des Wasserstromes mit wachsender Concentration sehen, doch sind sie, vermöge des ganzen ihnen zu Grunde liegenden Planes, der eben ganz andere Ziele verfolgt, nicht geeignet, die directe Proportionalität unmittelbar augenfällig zu machen. Jolly behauptet die Proportionalität des Wasserstromes sowohl als des Salzstromes und folgeweise die Constanz der Aequivalente, denn wenn der Wasserstrom sowohl als der Salzstrom der Concentration proportional ist, so ist das Verhältniss des einen Stromes zum andern — das Aequivalent — eine constante von der Concentration unabhängige Grösse. Jolly definirt bei dieser Behauptung die Concentration einer Lösung als das Verhältniss des darin enthaltenen Salzes zum lösenden Wasser, setzt sie, um es kurz zu bezeichnen, $=\frac{s}{w}$, wenn wir unter s die Salzmenge, unter w die Wassermenge in der Lösung dem Gewichte nach verstehen. Ich habe in den oben mitgetheilten Tabellen unter dem Gehalte oder der Concentration immer das Verhältniss des in der Lösung enthaltenen Salzes zum Gewichte der ganzen Lösung, also $\frac{s}{s + w}$ verstanden. Es fragt sich nun, ist die Intensität der endosmotischen Ströme der Grösse $\frac{s}{w}$ oder der Grösse $\frac{s}{s + w}$ oder keiner von beiden proportional. Die Theorie giebt hierauf einstweilen noch gar keine Antwort, wir müssen uns also an die Erfahrung wenden. Die Jolly'schen Versuche scheinen ganz entschieden für seine Annahme zu sprechen. Er hat unter derselben eine Differentialgleichung aufgestellt, deren Integral die Zeit ausdrückt, während welcher eine gewisse Menge Salz die Scheidewand durchsetzt. Die Uebereinstimmung der nach dieser Formel gemachten numerischen Berechnungen lässt in der That nichts zu wünschen übrig. Nur der eine Umstand erweckt einigen Verdacht, dass in allen Versuchsreihen, mit Ausnahme einer einzigen, die allerdings kleinen Abweichungen der Rechnung von der Beobachtung in demselben Sinne ausfallen, und dass sie stetig mit

der Zeit selbst wachsen. Ich habe eine entsprechende Integralformel entwickelt unter der Annahme, dass beide endosmotische Ströme der Grösse $\frac{s}{s + w}$ proportional seien und die Daten der ersten Jolly'schen Versuchsreihe in derselben eingeführt, es ergaben sich aber noch grössere Abweichungen von der Beobachtung und zwar ebenfalls in demselben Sinne. Ich will die gefundenen Zahlen hier nebeneinander stellen:

beobachtet

$$\frac{t_2}{t_1} = 1{,}461 - 1{,}456 - 1{,}447$$

$$\frac{t_3}{t_1} = 2{,}492 - 2{,}327 - 2{,}296$$

$$\frac{t_4}{t_1} = 3{,}984 - 3{,}545 - 3{,}475$$

$$\frac{t_5}{t_1} = 5{,}492 - 4{,}849 - 4{,}732$$

$$\frac{t_6}{t_1} = 6{,}907 - 6{,}156 - 5{,}990.$$

Die Grössen t bedeuten die Zeiten, während deren der mit der Scheidewand überspannte Cylinder um gewisse Gewichte zugenommen hatte. Die zweite Columne enthält die nach Jolly's Formel, die dritte die nach meiner Formel berechneten Zahlen, die Abweichungen zwischen den beiden letzteren sind kleiner, als die Abweichungen beider von der Beobachtung; sie sind überall sehr klein, was nicht auffallen kann, da die Concentration von vornherein sehr gering war und demgemäss die Grössen $\frac{s}{w}$ und $\frac{s}{s + w}$ unter einander fast proportional waren, so dass schon darum beide Hypothesen in ihren numerischen Folgerungen nicht weit auseinander führen konnten. Obgleich nun die Vergleichung der obigen Tabellen augenscheinlich zu Gunsten der Jolly'schen Hypothese spricht, so glaube ich doch noch nicht, dass dieselbe dadurch ausser Zweifel gestellt wird. Ich gebe nämlich zu bedenken, dass auf diese Rechnung auch die Annahme von Einfluss ist, dass das Aequivalent fortwährend

constant, d. h. der Salzstrom ebenfalls fortwährend der Concentration proportional bleibt. Nimmt man aber an, dass dieser sich nach einem andern, wenn auch nur sehr wenig von der Proportionalität abweichenden Gesetze ändert, so könnte das Resultat der Rechnung sehr wohl zu Gunsten der andern Hypothese ausfallen. Ich habe es übrigens unterlassen, die Rechnung unter einer solchen Annahme durchzuführen, denn um zwischen den beiden in Rede stehenden Hypothesen mittels der Jolly'schen Versuche zu entscheiden, müsste man sehr genaue Data über die Abhängigkeit des Salzstromes von der Concentration haben. Dass derselbe in jenen Versuchen der Concentration nahezu proportional war, scheint mir freilich unzweifelhaft, ob aber ganz genau, muss doch noch dahin gestellt bleiben.

Ich wende mich nun wieder zu meinen eigenen Versuchen mit Collodiummembranen, für welche die Jolly'sche Hypothese entschieden nicht gültig ist. Hier ist es gerade, wo sich die leider unvermeidbaren Mängel der Methode so sehr fühlbar machen und wo bloss eine sonst ganz überflüssige Vervielfältigung der Versuche zur bestimmteren Erkenntniss der Gesetze führen kann. Wollte man den Einfluss der Concentration ganz rein hervortreten lassen, so müsste man dieselbe während des ganzen Versuches constant erhalten und von einem zum andern Versuche abändern. In meinen Versuchen aber nimmt die Concentration vom Anfang bis zum Ende ab und zwar um einen nicht unbeträchtlichen Bruchtheil des Ganzen, was daher rührt, dass die zu Anfang in dem Beutel enthaltene Lösungsmenge nie sehr bedeutend sein konnte im Verhältniss zu den diffundirten Stoffmengen. Dieser Uebelstand wäre selbst durch Anwendung viel grösserer Beutel nicht ganz zu vermeiden gewesen, da alsdann, wofern man nicht zu grosse Niveaudifferenzen zulassen wollte, die diffundirende Oberfläche und folglich die Stärke des Gesammtstromes auch gewachsen wäre, allerdings nicht in demselben Verhältniss. Uebrigens hat natürlich die Darstellung grösserer Beutel ohne alle Poren und Fehler weit weniger Chancen des Gelingens als kleinerer. Es war demnach die Stärke des Stromes in einem einzelnen Versuche nicht constant, wenn sie mit der Concentration

überhaupt variirt. Ich hätte nun freilich, wie dies Jolly gethan hat, über die Abhängigkeit der Stromintensität von der Concentration von vornherein eine Hypothese machen und dieselbe dadurch prüfen können, dass ich sie als Differenzialgleichung formulirte, diese integrirte und das Integral mit den Daten der Versuche verglichen hätte. Die Hypothese hätte freilich mit Berücksichtigung der Ergebnisse des vorigen Paragraphen so einfach nicht sein können und es hätte sich keine in geschlossener Form darstellbare Integralgleichung mehr finden lassen. Ferner aber sind die Versuchsdaten selbst so wenig genau, dass man vollkommen berechtigt ist, sich mit einer weit gröberen Annäherung in der Rechnung zu begnügen. Ich habe in Anbetracht dieser Umstände folgende Näherungsannahme zu machen mir erlaubt: Es würde während der Dauer eines Versuches ebenso viel Wasser ein- und ebenso viel Salz ausgetreten sein, als in Wirklichkeit ein- und austrat, wenn während derselben die Concentration constant und gleich dem arithmetischen Mittel aus der Anfangs- und Endconcentration gewesen wäre. Ich betrachte demgemäss den Quotienten aus der in einem Versuche eingetretenen Wassermenge durch die Dauer desselben als das Maass für die Intensität des Salzstromes, welche zu jener mittleren Concentration des Versuches gehören würde. Eine einfache Ueberlegung ergiebt den Sinn, in welchem diese Annahme von der Wahrheit abweichen muss, dass man nämlich stets eine etwas zu hohe Concentration mit der jedesmal berechneten Stromintensität verbindet. Bedeutend kann die Abweichung nicht sein, und da ich über ihre wirkliche Grösse auch keine näherungsweise Vorstellung hatte, so bin ich einstweilen bei der in Rede stehenden Annahme geblieben. Ich halte es für um so zulässiger, als die Abweichung sowohl für die Versuche mit hohen als für die mit niedrigen Concentrationen ziemlich gleich gross ausfallen wird, da die Differenzen zwischen Anfangs- und Endconcentration in beiden Arten von Versuchen in der Regel ziemlich in demselben Verhältniss zu der Anfangsconcentration selbst stehen. Das mag jedoch hier noch ausdrücklich hervorgehoben werden, dass bei der gegenwärtigen Untersuchung natürlicherweise die-

jenigen Versuche am gewichtigsten sind, bei welchen jene Differenz absolut am kleinsten ist. Begreiflicherweise kann es auch hier wieder vor der Hand nur abgesehen sein auf eine Feststellung der Gesetze in allgemeinen Umrissen und eine bestimmtere Feststellung des quantitativen Details muss erst von vollkommneren Methoden erwartet werden.

Beschäftigen wir uns zunächst mit der Abhängigkeit des Wasserstromes von der Concentration. Ich stelle zu dem Ende die Versuche der Tabelle II nach der mittleren Concentration geordnet zusammen, lasse jedoch die unsere gegenwärtige Frage nicht beschlagenden Columnen fort und füge statt dessen einige neue hinzu, die aus den Zahlen der Tabelle berechnet sind:

$\frac{G_0 + G_1}{2}$	$\frac{V_0 + V_1}{2}$	v	y: $\frac{G_0 + G_1}{2}$	v: $\frac{V_0 + V_1}{2}$	Temp.
151 — 0,256	— 0,345	— 17,21	— 67	— 50	— 23
163 — 0,236	— 0,311	— 15,74	— 67	— 51	— 21
189 — 0,231	— 0,305	— 16,21	— 70	— 53	— 23,5
176 — 0,230	— 0,302	— 16,04	— 70	— 53	— 22,5
143 — 0,130	— 0,149	— 7,85	— 60	— 53	— 21
196 — 0,089	— 0,098	— 6,46	— 72	— 66	— 25
146 — 0,083	— 0,090	— 4,76	— 57	— 53	— 21,5
178 — 0,079	— 0,096	— 5,64	— 71	— 59	— 23,5
191 — 0,034	— 0,035	— 2,36	— 70	— 67	— 24
167 — 0,0145	— 0,0177	— 0,90	— 62	— 61	— 21
132 — 0,014	— 0,014	— 0,80	— 56	— 55	— 20
154 — 0,013	— 0,013	— 0,81	— 60	— 60	— 23.

So enthält die mit $\frac{V_0 + V_1}{2}$ bezeichnete Columne die mittlere Concentration, wenn man unter Concentration mit Jolly das Verhältniss des gelösten Salzes zum lösenden Wasser versteht. Man hat $V_0 = \frac{G_0}{1 - G_0}$ und $V_1 = \frac{G_1}{1 - G_1}$, v ist die Intensität des Wasserstromes. Wäre sie nun, wie Jolly will, der Concentration nach seiner Definition proportional, so müssten die in der vorletzten mit

$v: \frac{V_0 + V_1}{2}$ bezeichneten Columne enthaltenen Zahlen alle gleich sein bis auf die Abweichungen, welche etwa durch Temperaturschwankungen bedingt sind. Wäre hingegen die Intensität des Wasserstromes der Concentration, wie wir sie hier definirt haben, proportional, so müssten die in der drittletzten Columne enthaltenen Zahlen einander gleich sein. Genau gleich sind nun freilich weder die einen, noch die anderen, aber so viel ist gewiss, dass sich die Zahlen der 5. Columne der Gleichheit weit mehr nähern, als die Zahlen der 6. und ganz besonders ist der Umstand zu beachten, dass die Ungleichheiten der Zahlen jener mehr unregelmässig ausfallen, während die Zahlen der 6. ganz unverkennbar mit dem Abnehmen der Grösse $\frac{V_0 + V_1}{2}$ wachsen. Dieser Umstand springt noch mehr in die Augen, wenn man aus den Zahlen, welche zu Versuchen mit nicht sehr verschiedener Concentration gehören, das Mittel nimmt, um die von der Temperatur oder anderen unbekannten störenden Einflüssen herrührenden Ungleichheiten möglichst auszugleichen.

	$v: \frac{V_0 + V_1}{2}$
Mittel aus den Versuchen: 151, 163, 189, 176, in welchen $\frac{V_0 + V_1}{2} > 0{,}30$ war	— 51,7
Mittel aus den Versuchen: 143, 196, 146, 178, in welchen $0{,}149 > \frac{V_0 + V_1}{2} > 0{,}096$ war	— 57,7
Mittel aus den Versuchen: 191, 167, 132, 154, in welchen $0{,}035 > \frac{V_0 + V_1}{2}$ war	— 60,7.

Es erhellt aus dieser Zusammenstellung und kann nicht bezweifelt werden: Die Intensität des Wasserstromes ist einer

von der Concentration abhängigen Grösse proportional, welche jedenfalls langsamer wächst, als das Verhältniss V zwischen gelöstem Salz und lösendem Wasser.

Sehen wir nun zu, ob vielleicht diese Grösse G selbst, die wir als Gehalt oder Concentration definirt haben, d. h. das Verhältniss zwischen Salz und gesammter Lösung ist. In der That wächst ja diese Grösse langsamer, als die Grösse V. Machen wir zu dem Ende eine der vorigen analoge Zusammenstellung der Mittel aus je 4 Zahlen der 5. Columne:

	$v : \frac{G_0 + G_1}{2}$
Mittel aus den 4 Versuchen, in welchen $\frac{G_0 + G_1}{2} > 0{,}23$	— 68
Mittel aus den 4 Versuchen, in welchen $0{,}130 > \frac{G_0 + G_1}{2} > 0{,}079$	— 65
Mittel aus den 4 Versuchen, in welchen $0{,}034 > \frac{G_0 + G_1}{2}$	— 62.

Die 3 Mittel fallen zwar hier nicht so weit auseinander, als im vorigen Falle, doch sind ihre Unterschiede auch noch so gross und regelmässig vertheilt, dass man nicht wohl annehmen kann, die Proportionalität zwischen Wasserstrom und Lösungsgehalt G sei der ganz genaue Ausdruck des wahren Gesetzes. Da aber hier die Grösse $v : \frac{G_0 + G_1}{2}$ mit wachsendem Gehalt ebenfalls wächst, so muss die vom Gehalt abhängige Grösse, welcher die Intensität des Wasserstromes in Wahrheit proportional ist, rascher wachsen, als der Gehalt. Es giebt nun eine solche Grösse, die rascher als G und langsamer als V wächst, und die sich, wenn man theoretischen Vorstellungen Raum geben will, als eine wirklich massgebende empfiehlt, die in der Volumeinheit enthaltene Lösungsmenge, wir wollen sie mit γ bezeichnen. In der That sollte man meinen, dass die anziehende Kraft einer Lösung gegen Wasser um so grösser sei, je

mehr Salzatome in der Volumeinheit wirksam sind. Ohne übrigens für den Augenblick derartigen Speculationen weiter nachzugehen, begnüge ich mich, die Grösse $v : \frac{\gamma_0 + \gamma_1}{2}$ für drei Versuche der Tabelle II herzusetzen:

	$v : \frac{\gamma_0 + \gamma_1}{2}$
151	— 56,3
176	— 59,8
167	— 61,4.

Dass sie constanter ausfallen musste, als $v : \frac{G_0 + G_1}{2}$ und als $v : \frac{V_0 + V_1}{2}$, war vorauszusehen, weil eben γ rascher als G und langsamer als V wächst. Es scheint, dass v etwas langsamer wächst als γ und man kann die Hypothese kaum unterdrücken, dass die treibenden Kräfte in Wahrheit γ proportional sind, dass aber der durch sie in Bewegung gesetzte Strom etwas langsamer mit wachsendem γ wächst, weil mit der Geschwindigkeit desselben auch die Widerstände zunehmen.

Ich schalte hier noch eine Bemerkung über die Temperatur ein, um auf diesen Punkt nicht mehr zurückzukommen, da ich leider zu wenig Material habe, um ausführlicher vom Einflusse der Temperatur zu handeln. Er muss sich gerade an den Grössen $v : \frac{G_0 + G_1}{2}$ am augenfälligsten zeigen, welche ja die Wasserstromintensität unabhängig von der Concentration darstellt, freilich unter der nicht streng richtigen Voraussetzung, dass letztere beiden Grössen einander genau proportional seien. Es ist von vornherein wahrscheinlich und durch die Analogie mit anderen Processen fast gewiss, dass auch bei unseren Membranen die Ströme durch Steigerung der Temperatur beschleunigt werden. In der That lässt die auf Seite 322 mitgetheilte Tabelle sehen, dass vorzugsweise mit den höheren Temperaturen 23—25° die grösseren Werthe von $v : \frac{G_0 + G_1}{2}$ zusammen-

fallen und umgekehrt, doch sind die Temperaturdifferenzen zu klein und die Schwankungen der fraglichen Grösse aus andern Ursachen zu gross, um über die quantitativen Beziehungen auch nur annäherungsweise etwas auszusagen.

Kehren wir zu dem Einflusse der Lösungsconcentration zurück, und prüfen wir noch einige andere der mitgetheilten Versuchsreihen mit Beziehung auf diesen Punkt. Die Reihe IV giebt, wenn man vier sehr stark abweichende Versuche ausschliesst, folgende Zahlen:

N°.	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	v: $\frac{G_0 + G_1}{2}$	Temp.
193	0,252	128	25
186	0,247	123	25
177	0,122	105	23
187	0,089	119	25
192	0,087	125	24
182	0,086	115	23,5
179	0,080	108	23
184	0,033	121	24,5
188	0,015	110	24
171	0,014	123	20,5
180	0,013	126	24.

$$v : \frac{G_0 + G_1}{2}$$

Mittel aus N°. 186 und 193 — — — 125,
Mittel aus N°. 177, 179, 182, 187, 192 — 114,
Mittel aus N°. 171, 180, 184, 188 — — 120.

Man wird sich kaum entschliessen, die kleine Abweichung von der Proportionalität zu Gunsten der höchsten und niedrigsten Concentrationen einer besonderen Gesetzmässigkeit zuzuschreiben.

Es wurde bereits oben vermuthungsweise angedeutet, dass das wirkliche Gesetz dahin lauten möge: die den Wasserstrom treibenden Kräfte sind einer etwas rascher als der Gehalt wachsenden Grösse proportional, aber die mit der Geschwindigkeit jenes Stromes zunehmenden Widerstände bewirken, dass dieselbe nicht selbst jener

Grösse proportional, sondern langsamer zunimmt. Diese Vermuthung erhält neue Stützen durch die Versuchsreihen, in welchen die Stromstärke überall grösser war als in den bisher betrachteten. Sehr lehrreich ist in dieser Beziehung die Tabelle V; wir berechnen aus ihr:

N°.	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	v:	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	Temp.
207	0,244		835	24
200	0,240		854	25
208	0,089		923	24
197	0,032		856	25
206	0,032		911	24,5
204	0,016		1061	24,5
202	0,015		963	25
209	0,015		1079	24
213	0,014		1033	24,5,

und es zeigt sich, dass die Stromstärke nicht einmal so rasch wächst, als die mittlere Concentration $\frac{G_0+G_1}{2}$ zunimmt. Die Grösse $v : \frac{G_0 + G_1}{2}$ fällt um so grösser aus, bei je kleineren Concentrationen der Versuch angestellt wurde. Die Unterschiede in den Werthen dieser Grösse sind so bedeutend und mit ganz wenigen Ausnahmen so regelmässig vertheilt, dass man sie nicht Fehlern oder zufälligen Störungen, auch nicht Temperatureinflüssen zuschreiben kann. In der That war aber bei der zu der Versuchsreihe V gebrauchten Membran der Wasserstrom dichter, als bei den zwei andern, denn die diffundirende Fläche war augenscheinlich, obwohl sie leider nicht gemessen werden konnte, kaum um ein merkliches grösser als bei jenen.

Dasselbe zeigt sich bei den Versuchen VIII mit Chlorcalciumlösung und der Membran r angestellt:

N°.	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	v:	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	Temp.
249	0,079		769	18
250	0,357		579	18.

Ebenso verhalten sich die Versuche VII mit derselben Membran und Kochsalzlösungen:

N°.	$\frac{G_0 + G_1}{2}$ v :	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	Temp.
239	0,085	1002	19,5
253	0,251	733	18.

Der Wasserstrom durch dieselbe Membran nahm dagegen rascher zu, als die mittlere Concentration, wenn er überall weniger stark war, wie dies bei Anwendung von Zuckerlösungen der Fall sein musste. Man hat:

N°.	$\frac{G_0 + G_1}{2}$ v :	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	Temp.
221	0,495	153	24
220	0,410	129	25
223	0,191	142	24
227	0,179	114	21
228	0,069	117	20,5
225	0,068	126	22.

Die Abweichungen von der genauen Proportionalität zwischen mittlerer Concentration und Stärke des Wasserstromes erscheinen nicht sehr bedeutend, wenn man die Temperatureinflüsse in Anschlag bringt.

Sehr genau proportional zeigen sich die Wasserstromstärken den mittleren Concentrationen in einer anderen Versuchsreihe mit Chlorcalciumlösungen (Tabelle X), in welcher freilich die mittlere Concentration zwischen sehr engen Grenzen 0,42 und 0,36 schwankte. Die Grösse $v : \frac{G_0 + G_1}{2}$ schwankte dabei zwischen den Werthen 16,2, 16,3 und 16,6.

Man beachte besonders, dass Versuche mit so leichtlöslichen Körpern, wie Chlorcalcium und Zucker, besonders geeignet sind, über die Jolly'sche Annahme zu entscheiden. Es hat mich gerade dieser Umstand hauptsächlich bestimmt, mit ihnen zu experimentiren. Während nämlich für Kochsalz die beiden Definitionen der Con-

centration $\left(\frac{s}{s+w}\right.$ und $\left.\frac{s}{w}\right)$ nie sehr weit auseinander führen, thun sie das bei leichtlöslichen Körpern. Bei unsern Zuckerlösungen z. B. wächst $\frac{s}{s+w}$ nur bis zum Werthe 0,50, dagegen $\frac{s}{w}$ bis zum Werthe 1. Unsere Versuche mit Chlorcalcium und Zuckerlösung zeigen daher, wie man schon aus einer ganz überschlägigen Rechnung, die man gar nicht niederzuschreiben braucht, sieht, dass die Wasserstromintensität der Grösse $\frac{s}{w}$ entschieden nicht proportional ist.

Fassen wir noch einmal die Ergebnisse zusammen, so können wir als blossen Ausdruck der Thatsachen den Satz hinstellen: Die Stärke des Wasserstromes wächst stetig mit zunehmender Concentration, im Allgemeinen jedoch etwas langsamer als diese, nur wenn der Wasserstrom überall schwach ist, kann sein Wachsthum ebenso rasch oder auch noch ein wenig rascher als das der Concentrationen sein. Vermuthungsweise können wir noch das Gesetz dahin formuliren: Der Wasserstrom wächst unter allen Umständen langsamer, als das Verhältniss zwischen gelöstem Salz und Volum der Lösung wächst.

Weit schwieriger und leider auch mit weit weniger Sicherheit ist die Abhängigkeit des Salzstromes von der Concentration aus den vorliegenden Versuchsdaten abzuleiten, weil sich der in §. 3 erörterte Einfluss der Zeit in zu hohem Grade störend einmischt.

Dass mit wachsender Concentration die Stärke des Salzstromes fortwährend und stetig zunimmt, setzen unsere Versuche allerdings ausser Zweifel. Man braucht, um sich davon zu überzeugen, nur in der ersten besten unserer Tabellen, wo die Spalte 6 ausgefüllt ist, die Zahlen derselben mit denen der Spalte $\frac{G_0 + G_1}{2}$ zu vergleichen, immer wird einem grösseren $\frac{G_0 + G_1}{2}$ ein grösseres σ entsprechen, wofern die Versuche in der Zeit nicht gar zu weit auseinanderliegen.

Eine vollständig genaue Einsicht in das Gesetz des Wachsthums der Salzstromstärke bei wachsender Concentration könnte man nur dann gewinnen, wenn das Gesetz der Abhängigkeit der Salzstromstärke von der Zeit genau bekannt und es daher möglich wäre, zwei zu vergleichende Versuche auf dieselbe Zeit zu reduciren. Von diesem Gesetze haben wir aber nur eine sehr unvollständige Kenntniss, durch die nach individuellem Ermessen vervollständigten Curven der Figuren 1, 2, 3. Mit einiger Vorsicht lassen sich jedoch aus ihnen einige wichtige Folgerungen über die hier zu lösende Frage ziehen. Nehmen wir also die Figur 2 noch einmal zur Hand. Ist die oberste Curve derselben richtig gezeichnet, so lässt sich behaupten: Wäre zu der Zeit, wo der Versuch 202 angestellt wurde, mit der Membran f ein Versuch angestellt bei einer Concentration = 0,24, so hätte in 5′ übergehen müssen 1,216 Mgr. Salz, während in dem Versuch 202 bei einer Concentration von 0,015 nur 0,104 übergegangen war. Es ist $\frac{0,240}{0,015} = 16$ und $\frac{1,216}{0,104} = 11,7$, d. h. eine 16 Mal höhere Concentration bringt unter sonst gleichen Bedingungen einen nur 11,7 Mal stärkeren Salzstrom hervor. Vergleicht man in derselben Figur den Versuch 207 mit dem entsprechenden Punkt der untersten Curve, so ergiebt sich, dass eine 16 Mal höhere Concentration einen 13 Mal stärkeren Salzstrom bedingt. Ebenso ergiebt eine Zusammenstellung der gleichzeitigen Punkte der obersten und der 2. Curve in Figur 2, dass ziemlich constant einer 7fachen Concentration nur ein etwa 5facher Salzstrom entsprechen würde. Die Verhältnisse zwischen den Ordinaten der 2. und untersten Curve für dieselben Zeitpunkte weichen nur sehr wenig und abwechselnd in entgegengesetztem Sinne vom Verhältniss der Concentrationen ab, für welche diese beiden Curven gezeichnet sind, was uns nicht Wunder nehmen kann, da dies Verhältniss selbst klein (ungefähr = 2) ist. Eine Vergleichung entsprechender Ordinaten der Figuren 1 und 3 ergiebt durchweg dasselbe Verhalten, d. h. es zeigt sich immer, dass eine n-fache Concentration unter sonst gleichen Umständen eine weniger als n-fache Salzstromstärke bedingen würde. Es dürfte also selbst durch unsere

Versuche schon als erwiesen angesehen werden: Die Salzstromstärke wächst in allen Fällen langsamer als die Concentration, und langsamer als der gleichzeitige Wasserstrom. Dass dieser letztere Satz für die der Figur 1 zu Grunde liegende Versuchsreihe gelten muss, ist ohne Weiteres ersichtlich, da in derselben der Wasserstrom eher rascher als langsamer wuchs, als die Concentration, wofern man nicht die Abweichungen von der Proportionalität geradezu nur für zufällig ansehen wollte. In Beziehung auf die Versuchsreihe V ergiebt sich der Satz sehr leicht durch Rechnung, so z. B. verhalten sich die zu dem ersten verglichenen Paare von Salzströmen, die sich = 1 : 11,7 verhielten, gehörigen Wasserströme = 1 : 14,6. Es ist zu bemerken, dass die Versuchsreihe I von dem hier aufgestellten Gesetz merkliche Abweichungen zeigt, und dass es in der Reihe IV nur schwer zu erkennen ist, daher ich diese beiden Reihen hier nicht mit verwandt habe. Was übrigens I betrifft, so ist diese Versuchsreihe überhaupt in vieler Beziehung keine maassgebende, die ich nur deshalb mit aufgenommen habe, weil zufällig die Membran h zu den wenigen gehörte, deren Dicke bestimmt wurde. Ich vermuthe aus manchen Umständen, die erst später einleuchtend werden, dass diese Membran schon, während sie zu den angeführten Versuchen diente, kleine Poren hatte. Jedenfalls jedoch können die Versuche noch einigermassen verwerthet werden für die Abhängigkeit der Wasserstromstärke von der Dicke.

Wenn der letzte Satz des so eben abgeleiteten Gesetzes richtig ist, so muss die Grösse $\left(\frac{v}{\sigma}\right)$, welche man das endosmotische Aequivalent zu nennen pflegt, mit wachsender Concentration ebenfalls wachsen. Denn da der Quotient v : G *) fast constant bleibt oder wenigstens langsamer mit wachsendem G abnimmt als der Quotient $\sigma : G$, so muss der Quotient $\frac{v : G}{\sigma : G} = \frac{v}{\sigma}$ mit wach-

*) Ich will mit G den Gehalt überhaupt bezeichnen.

sendem G ebenfalls zunehmen. In den meisten Versuchsreihen ist dies nicht unmittelbar ersichtlich, weil in ihnen die Durchgängigkeit der Membran für Salz so schnell wächst, dass selbst in einem Falle, wo ein Versuch mit höherer Concentration auf einen mit niederer folgt, in jenem das Aequivalent kleiner ist als in diesem. In der That muss ja mit der Zeit unter sonst gleichen Verhältnissen das Aequivalent abnehmen, da der Wasserstrom von ihr unabhängig constant bleibt, und dieser Einfluss ist eben in den meisten Versuchsreihen weitaus überwiegend. In der Reihe II dagegen tritt er wegen der Dicke der Membran mehr zurück, und es ist in je zwei aufeinanderfolgenden Versuchen das Aequivalent im zweiten grösser als im ersten, wenn in demselben die Concentration eine bedeutend höhere war, obgleich inzwischen die specifische Durchgängigkeit der Membran für Salz gewachsen war. Zum Belege stelle ich hier 4 Versuchspaare aus der Reihe II zusammen:

N⁰.	$\frac{G_0 + G_1}{2}$	Aequivalent
146	0,083	164
151	0,256	193
154	0,013	87
163	0,236	112
167	0,014	75
176	0,230	87
178	0,080	76
189	0,23	85.

5. Von einigen anderen Einflüssen.

Sehr interessant würde es namentlich für eine künftige Theorie sein, den Einfluss der Membrandicke bei sonst ganz gleichbleibender Beschaffenheit derselben auf den Hergang der Endosmose zu kennen. Insbesondere wäre die Frage von grosser Bedeutung, ob und wie das Aequivalent von der Dicke abhängt. Leider bin ich, auf Grund meiner bisherigen Versuche, nicht im Stande, über diesen Punkt viel Bestimmtes auszusagen. Ueberhaupt wird das nicht eher möglich

sein, bis es gelungen ist, Membranen von überall gleicher Dicke horizontal auszuspannen und sich gleichzeitig zu versichern, dass die sonstige Beschaffenheit verschieden dicker Membranen identisch ist. Bei meiner Methode war dies nicht möglich, wie man aus der Beschreibung derselben zur Genüge erkennen wird. Um einigermassen den Einfluss der Dicke beurtheilen zu können, habe ich mich damit begnügen müssen, die diffundirende Oberfläche und eine mittlere Dicke annäherungsweise folgendergestalt zu bestimmen. Ich schnitt möglichst genau mit der Scheere das bei den Versuchen eingetauchte Segment der Beutelchen ab, machte in dasselbe noch einige radiale Einschnitte, so dass es sich nahezu in eine Ebene ausbreiten liess. Ich umfuhr das entfaltete Segment mit Bleistift und maass den Flächeninhalt der so gezeichneten Figur mit dem Planimeter, wodurch also die diffundirende Oberfläche bekannt wird. Dasselbe Segment wurde ausserdem gewogen und durch Division mit dem Producte aus dem specifischen Gewichte und dem Flächeninhalt ergab sich die mittlere Dicke in Millimetern. In der §. 2 mitgetheilten Tabelle sind die so gewonnenen Zahlen für 4 Membranen angemerkt.

Man durfte mit ziemlicher Sicherheit erwarten, dass sowohl der Salzstrom als der Wasserstrom mit wachsender Dicke der Membran an Intensität abnimmt. Diese Erwartung wird allerdings im Allgemeinen bestätigt durch unsere Versuche, doch lassen sie keine bestimmtere Gesetzlichkeit des Zusammenhanges erkennen. Aus leicht begreiflichen Gründen gehe ich hier nicht näher auf den Salzstrom ein, da derselbe, wie oben schon bemerkt, bei allen Membranen noch im Zunehmen mit der Zeit begriffen war. Ich stelle daher nur das auf die Abhängigkeit des Wasserstromes von der Dicke Bezügliche in nachstehender Tabelle zusammen:

	diffundirender Stoff.	Dicke in Millim.	$\frac{v}{G}$: F.
Membran h —	Kochsalz	— 0,0066	— 51
Membran g —	Kochsalz	— 0,015	— 32
Membran r —	Kochsalz	— 0,0056	— 354
Membran r —	Chlorcalcium	— 0,0056	— 267

	diffundirender Stoff.	Dicke in Millim.	$\frac{v}{G} : F$.
Membran r	Zucker	0,0056	53
Membran b	Kochsalz	0,016	13
Membran b	Chlorcalcium	0,016	9
Membran b	Zucker	0,016	1½.

Die Zahlen $\frac{v}{G} : F$ bedeuten die Wassermenge in Milligrammen, welche durch die Flächeneinheit 1 □ Cm. in 5 Minuten gehen würde bei der Einheit der Concentration, wenn der Wasserstrom der Concentration proportional wüchse, und zwar in dem Verhältnisse, wie er von der Concentration Null bis zu den mittleren in unseren Versuchen vorkommenden Concentrationen wächst. Man sieht, dass Membranen von nahezu gleicher mittlerer Dicke sehr ungleiche Wasserströme durchlassen und zwar scheinen mir die Unterschiede so bedeutend, dass man sie kaum zu erklären geneigt ist aus den Abweichungen verschiedener Stellen der Membran von der berührten mittleren Dicke, dass man vielmehr höchst wahrscheinlich eine verschiedene Beschaffenheit — vielleicht durch Verschiedenheit der Umstände beim Trocknen bedingt — wird zulassen müssen. Wenn aus den wenigen vorliegenden Daten schon ein Schluss erlaubt ist, so würde die Stärke des Wasserstromes nicht der Dicke einfach umgekehrt proportional sein, sondern viel rascher wachsen als der reciproke Werth der letzteren.

Was die vorhin berührte Frage in Betreff des Aequivalentes betrifft, so ist dasselbe bei dickeren Membranen im Anfang viel grösser als bei dünneren, was aber ganz einfach darin seinen Grund hat, dass, wie im §. 3 erwiesen wurde, die dünneren Membranen sich weit rascher der (freilich noch hypothetischen) stationären Durchgängigkeit für Salz nähern als dickere. Wie es sich mit dem Aequivalent verhält, wenn der stationäre Zustand erreicht ist, kann ich nicht sagen, doch möchte ich einstweilen als gegründete Vermuthung den Satz hinstellen, dass in dem stationären Zustande das Aequivalent von der Dicke unabhängig ist. Es veranlassen mich

dazu theilweise theoretische Vorstellungen, die ich mir gebildet habe, die jedoch für eine Mittheilung noch nicht hinlänglich reif sind, ganz abgesehen von der Vergleichung der Aequivalente, wie sie sich aus Tabelle II und V für eine dicke Membran (g) und für eine sehr dünne (f) berechnen lassen und die schon nicht weit von einander abweichen. In der That kann auf eine solche Vergleichung nicht viel Werth gelegt werden, da in den angezogenen Versuchsreihen die Aequivalente unter sonst gleichen Bedingungen noch in starkem Abnehmen mit wachsender Zeit begriffen waren.

Die verschiedenen Stoffe verhalten sich endosmotisch verschieden in höchst überraschender Weise. Jedermann nimmt ausgesprochenermassen oder stillschweigend an, dass der endosmotische Strom des Wassers, der sich zu irgend einer Lösung ergiesst, um so stärker ist, eine je stärkere Verwandtschaft das in jener Lösung enthaltene Salz zum Wasser hat. Andererseits hat man aber oft ausgesprochen (namentlich thut dies Buchheim), die Verwandtschaft eines Salzes zum Wasser werde gemessen durch die Begierde, mit welcher es Wasserdampf aus der Luft anzieht. Demgemäss wird man gewiss erwarten, einen besonders starken endosmotischen Wasserstrom zu einer Chlorcalciumlösung gehen zu sehen. Das Gegentheil zeigt sich in meinen Versuchen und zwar bei zwei Membranen von sehr verschiedener Dicke in gleicher Weise. Einen noch viel schwächeren endosmotischen Wasserstrom veranlasst eine Zuckerlösung. Diese Thatsachen müssen um so mehr ins Gewicht fallen, da die endosmotischen Kräfte (man verzeihe diesen Ausdruck, der bloss der Kürze wegen angenommen ist) der drei untersuchten Stoffe ziemlich in denselben Verhältnissen stehen bei zwei ganz verschieden dicken Membranen. Als Maass der endosmotischen Kraft will ich annehmen die Wassermenge, welche durch die Flächeneinheit (1 □ Cm.) in der Zeiteinheit (5′) zu Lösung von der Concentrationseinheit übergehen würde, wenn fortwährend der Wasserstrom in demselben Verhältniss an Stärke zunähme, wie er von der Concentration Null bis zu den mittleren in den Versuchen vorkommenden Concentrationen zunimmt — es soll also als Maass der endosmotischen Kraft die Grösse

$\frac{v}{G}$: F gelten. Für die Membran b ergiebt sich die so definirte endosmotische Kraft des Chlorcalciums als 0,69 Mal die des Kochsalzes und die des Zuckers als 0,12 Mal die des Kochsalzes. Aus den Versuchen mit der Membran r ergeben sich ganz nahe liegende Werthe der entsprechenden Grössen, nämlich für die endosmotische Kraft des Chlorcalciums 0,75, für die des Zuckers 0,15, wenn man wieder die des Kochsalzes zur Einheit wählt. Ich erwähne hier beiläufig noch eines Versuches mit Schwefelsäure, der nur gelegentlich und ohne genauere quantitative Bestimmungen angestellt wurde, er liess mit grosser Bestimmtheit sehen, dass dieser durch seine Anziehung zu Wasser ausgezeichnete Stoff einen sehr schwachen Wasserstrom durch die Collodiumscheidewand in Bewegung setzt.

Ob ceteris paribus die endosmotischen Aequivalente für Zucker und Chlorcalcium grösser oder kleiner sind als für Kochsalz, kann aus meinen Versuchen nicht gefolgert werden, da ich die endosmotisch ausgetretenen Zuckermengen (die übrigens augenscheinlich sehr klein waren) gar nicht, die ausgetretenen Chlorcalciummengen nur in zwei Fällen bestimmt habe. Aus diesen beiden letzteren Bestimmungen berechnet sich (Versuch 240, Tab. XII) ein Aequivalent = 364 bei einer mittleren Concentration von 0,391 und (Versuch 242) ein Aequivalent = 163 bei einer Concentration von 0,086. Eine Vergleichung mit den Versuchen über Kochsalz ist hierbei nicht wohl möglich, da das bedeutende Sinken des Aequivalentes nicht sowohl dem Concentrationsunterschiede zugeschrieben werden darf, als vielmehr daraus zu schliessen ist, dass die Membran r noch in einem Zustande war, wo ihre Durchgängigkeit für Chlorcalcium ungemein rasch mit der Zeit zunahm. Aus diesem Umstande dürfte wohl auch zum Theil die scheinbare Abnahme der Durchgängigkeit dieser Membran für Wasser in den beiden folgenden Versuchen der Tab. XII erklärt werden. In denselben war nämlich die durchgegangene Chlorcalciummenge nicht bestimmt worden, sondern nur eine aus den vorhergehenden Versuchen unter Voraussetzung einer Constanz der Aequivalente berechnete Menge zu der Gewichtszunahme addirt wor-

den, um die übergetretene Wassermenge zu bestimmen. Diese hypothetische Salzmenge war offenbar viel zu klein angenommen. Durch das so eben Gesagte dürfte die eben (§. 3) ausgesprochene Verallgemeinerung des dort für Kochsalz erwiesenen Gesetzes einigermassen wahrscheinlich gemacht sein.

B. Versuche mit einer Thonscheidewand.

Ueber die Methode der Versuche mit porösen Thonwänden habe ich eigentlich wenig mehr zu sagen, als dass ich sie eben in derselben Weise wie Graham und Andere anstellte. Ich kittete einen sehr kleinen Thoncylinder (wie sie früher für die grosse Leitungsbatterie des Telegraphen verwandt wurden) an eine Glasröhre von nahezu gleichem Durchmesser und versenkte den mit Kochsalzlösung gefüllten Apparat in einen hohen mit destillirtem Wasser gefüllten Cylinder. Die Glasröhre selbst sowie der äussere Cylinder waren nicht ganz dicht mit Korken geschlossen. Durch letzteren ging natürlich die Glasröhre mit dem Thoncylinder hindurch. Aus Gründen, die hernach aus den Versuchen selbst erhellen werden, wurden die Niveaus derart regulirt, dass das Innere während der ganzen Versuchsdauer höher stand — was den Salzstrom von innen nach aussen befördern und den Wasserstrom von aussen nach innen hemmen muss — wenn sehr verdünnte Lösungen im Innern zur Anwendung kamen. In Versuchen mit sehr dichten Lösungen im Innern wurde während des ganzen Versuches das äussere Niveau höher erhalten, so dass der blosse hydrostatische Druck den Salzstrom gehemmt und den Wasserstrom beschleunigt haben würde, wenn er überhaupt merkliche Wirkungen hervorbringen konnte. Kamen zwischen den Extremen in der Mitte liegende Concentrationen zur Anwendung, so wurde das Niveau anfangs aussen, hernach innen höher gelassen, so dass man auf ungefähre Ausgleichung rein hydrodynamischer Wirkungen rechnen durfte. Im Ganzen betragen übrigens die Niveaudifferenzen nie mehr als etwa 7 Mm., so dass eine namhafte Einmischung rein hydrodynamischer Strömungen nicht erwartet werden durfte, da mein Thoncylinder selbst bei einer Druckdifferenz

von 140 Mm. in 24 Stunden kaum 2 Gramm Wasser durchfiltriren liess.

Der mit Lösung von bekanntem Gehalte gefüllte Apparat wurde zu Anfang und Ende des Versuches gewogen, das in den äusseren Cylinder übergetretene Salz wurde, je nachdem es viel oder wenig war, auf verschiedenem Wege bestimmt. Sein Gewicht zu der vorerwähnten Gewichtsdifferenz des Apparates zu Anfang und zu Ende des Versuches addirt, liefert die im Ganzen nach Innen übergetretene Wassermenge.

Noch ist zu bemerken, dass vor einem Versuche mit derselben oder einer concentrirteren Lösung als im nächst vorhergehenden zur Anwendung gekommen war, der Cylinder nicht ausgewaschen wurde, dass er dagegen erst durch 24 Stunden in destillirtes Wasser mit eben solchem gefüllt gestellt wurde, wenn in einem folgenden Versuche eine minder concentrirte Lösung zur Anwendung kommen sollte.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine durch die Spaltenüberschriften hinlänglich verständliche Zusammenstellung der Resultate einer Versuchsreihe mit einem Apparate von der beschriebenen Einrichtung.

Bezeichnung des Versuches.	Temperatur in Graden der hunderttheil. Scala.	Dauer des Versuches 5 Minuten als Einheit.	Apparat enthält im Anfang Lösung.	Von dem Gehalt.	Apparat enthält am Ende Lösung.	Von dem Gehalt.	Mittlerer Gehalt.	Uebergegang. Wasser in Gramm.	Uebergegang. Salz in Gramm.	Währ. d. Zeiteinh. übergeg. Wasser in Milligr.	Währ. d. Zeiteinh. übergegang. Salz in Milligr.	Verhältn. d. Salzstromstärke z. mittl. Gehalt.	Aequivalent.
				G_0		G_1	$\frac{G_0+G_1}{2}$	w	s	v	σ	$\sigma:\frac{G_0+G_1}{2}$	$\frac{v}{\sigma}$
198	25	213	12,46	0,018	13,95	0,012	0,015	1,55	0,056	7,26	0,263	17,8	27,6
201	25	72	16,78	0,270	17,89	0,237	0,254	1,40	0,292	19,47	4,052	15,9	4,8
205	24,5	301	19,82	0,100	21,83	0,071	0,085	2,45	0,440	8,14	1,462	17,1	5,6
212	24,5	290	19,91	0,039	21,79	0,028	0,033	2,23	0,176	7,70	0,606	18,6	12,7
217	24,5	356	22,51	0,018	25,19	0,012	0,015	2,78	0,097	7,80	0,274	18,4	28,5
218	25,5	362	26,81	0,018	29,47	0,013	0,015	2,76	0,101	7,63	0,278	18,1	27,4
219	25	293	26,69	0,039	28,90	0,030	0,034	2,40	0,191	6,52	0,653	18,9	9,9
224	22	515	26,59	0,100	29,50	0,065	0,083	3,64	0,728	7,06	1,412	17,0	5,0
226	21	267	28,79	0,100	30,69	0,080	0,090	2,33	0,430	8,73	1,610	17,8	5,4
229	20,5	279	30,64	0,270	33,60	0,213	0,242	4,08	1,122	14,63	4,022	16,6	3,6
232	20,5	269	29,88	0,100	31,94	0,078	0,089	2,47	0,409	9,18	1,521	17,1	6,0
236	21,4	185	30,21	0,0084	32,32	0,0071	0,0077	2,13	0,023	11,54	0,127	16,5	90,9
237	20	113	29,03	0,0047	30,48	0,0014*	0,0030*	1,46		12,92*			
238	19,5	196	27,28	0,018	29,82	0,014	0,016	1,59	0,055	8,14	0,278	17,3	29,3
241	19,5	90	28,09	0,018	29,07	0,018	0,018	1,01	0,027	11,16	0,303	17,0	36,8
243	19	263	31,24	0,100	32,83	0,082	0,090	2,00	0,409	7,60	1,555	17,2	4,9
245	18,5	213	32,77	0,100	34,18	0,085	9,093	1,77	0,356	8,29	1,677	18,0	4,9
248	18	76	31,21	0,270	32,22	0,251	0,261	1,35	0,341	17,68	4,462	17,1	3,9
251	18	192	34,12	0,270	35,97	0,233	0,252	2,70	0,851	14,07	4,434	17,6	3,1
255	19	188	28,23	0,0032	30,58	0,0028	0,0030	2,35	0,0053*	12,55	0,028	9,4	246,0*

Im Versuch 257 war die Salzbestimmung verunglückt, daher die hr geradezu proportionalen Grössen weggelassen, die von ihr in entfernterer Weise beeinflussten Grössen mit einem * bezeichnet sind. Die grosse Abweichung des Versuches 255 von der gleich hervorzuhebenden Gesetzlichkeit schreibe ich ebenfalls einem beträchtlichen Fehler in der Salzbestimmung zu, der um so wahrscheinlicher ist, als die zu bestimmende Menge überaus klein war.

Ein Blick auf diese Tabelle lässt sofort erkennen, dass, wie auch nicht anders zu erwarten war, die Thonplatte in ihrer Durchgängigkeit für Wasser sowohl als für Salz keinen Veränderungen mit der Zeit wie die Collodiumhäute unterworfen ist. Das Material ist ganz constant.

Ein beschleunigender Einfluss der Temperatur auf den Salzstrom springt sehr deutlich in die Augen, wenn man die Zahlen der vorletzten Spalte untereinander und mit denen der zweiten vergleicht. Bedeutend ist jedoch, wie man sieht, die Beschleunigung für einen Temperaturzuwachs von etwa 5° nicht. Eine Gesetzmässigkeit im Einflusse der Temperatur auf den Wasserstrom ist nicht durchleuchtend, da die übergetretenen Wassermengen selbst unter übrigens fast gleichen Umständen bald bei höheren, bald bei niederen Temperaturen grösser erscheinen. Es muss im Wasserstrom irgend ein mir noch verborgener Einfluss Störungen hervorzubringen im Stande sein, grösser als die durch Temperaturschwankungen von mehreren Graden hervorgebrachten.

Im allerhöchsten Grade überrascht wurde ich — und jeder Leser wird meine Ueberraschung theilen — durch die wahrhaft wunderbare Abhängigkeit der Diffusionsströme von der Concentration, die sich in der vorliegenden Versuchsreihe so deutlich und gesetzmässig sehen lässt. Ganz umgekehrt wie bei den structurlosen Häuten verhält sich hier der Salzstrom sehr einfach. Seine Stärke ist den Concentrationen von den niedrigsten bis zu den höchsten fortwährend einfach und direct proportional. Die Uebereinstimmung zwischen gesetzlichen und beobachteten Grössen kann, wie ein Blick auf die vorletzte Spalte der Tabelle lehrt, wenn man der Temperatur dabei

Rechnung trägt, geradezu überraschend genannt werden. Wollte man von den 21 Versuchen nur 5, nämlich 201, 205, 237, 245, 255, ausschliessen, so liesse die Uebereinstimmung mit billiger Rücksicht auf die unvermeidlichen Fehler (die namentlich von zwei verschiedenen Methoden der Salzbestimmung herrühren dürften) entschieden nichts zu wünschen übrig. Ein Blick auf die Figur 4 macht die Berechtigung meiner Behauptung sofort anschaulich. Die mit den Nummern der betreffenden Versuche bezeichneten Punkte liegen in Entfernungen von der Ordinatenaxe A G, welche den zu ihnen gehörigen mittleren Concentrationen $\left(\frac{G_0 + G_1}{2}\right)$ und in Entfernungen von der Abscissenaxe, welche den in der Zeiteinheit übergegangenen Salzmengen (σ) proportional sind. Niemand wird läugnen, dass keine Curve sich den sämmtlichen Punkten besser anschliesst, als die in der Figur gezeichnete gerade Linie A B, dass also die Ordinaten einer durch den Ursprung gehenden Geraden die Salzstromstärken messen, wenn die Abscissen die Concentrationen messen, bei welchen diese Stromstärken statt haben, d. h. also, dass die einen den andern proportional sind.

Ganz anders verhält es sich mit dem Wasserstrom. Bereits Graham hat einzelne Versuche mitgetheilt, in denen dünnere Lösungen mehr Wasser anziehen als dichtere. Ich muss gestehen, dass ich beim Lesen derselben mich des Verdachtes nicht erwehren konnte, es müssten hier noch andere Vorgänge als blosse Diffusionen im Spiele sein. Nicht wenig war ich daher erstaunt in meinen Versuchen dasselbe zu finden, um so mehr, als ich in der einfachen Gesetzmässigkeit des gleichzeitig vorhandenen Salzstromes, welche Graham entgangen war, eine Garantie hatte, reine Diffusionserscheinungen vor mir zu haben. Mit vollkommener Sicherheit geht aus meinen Versuchen in Betreff der Abhängigkeit des Wasserstromes von der Concentration dieses hervor: Seine Intensität ist grösser für sehr verdünnte Lösungen von etwa 0,004 als für etwas dichtere, sie nimmt stetig mit wachsender Concentration ab, bis diese etwa 0,03—0,04 geworden ist, mit weiter wachsender Concentration nimmt

sie wieder zu und beharrt im Zunehmen, bis die Concentration bis zu ihrer Grenze bei Kochsalz 0,27 gewachsen ist. Ohne mich einer dreisten Hypothesenmacherei schuldig zu machen, glaube ich noch den Satz hinzufügen zu dürfen, dass bei den allerhöchsten Graden der Verdünnung ebenfalls die Wasserstromintensität mit zunehmender Concentration wachsen muss, da doch ganz unzweifelhaft für die Concentration Null auch die Wasserstromintensität Null sein muss. Ich habe daher geradezu der graphischen Darstellung der in Rede stehenden Abhängigkeit diese Annahme mit zu Grunde gelegt. Es sollen demgemäss die Ordinaten der Curve A C D E (Fig. 4) die Wasserstromintensitäten messen, wenn die Concentrationen, bei denen dieselben stattfinden, durch die zugehörigen Abscissen gemessen werden. Diese Curve steigt vom Ursprung A sehr rasch an bis zu einem Maximum, das etwa der Abscisse 0,003 entspricht, fällt dann mit einem Wendepunkt bei C bis zu einem Minimum ab, das etwa zu der Abscisse 0,045 zugehören dürfte, von da steigt sie wieder allmälig und scheint sich einer Geraden asymptotisch anschliessen zu wollen. Die mit den Nummern der betreffenden Versuche bezeichneten Punkte sind diejenigen, welchen sich die Curve möglichst anzuschliessen hat, denn ihre Entfernungen von der Abscissenaxe messen die beobachteten Wasserstromstärken (jedoch in 5 Mal kleinerem Maasstabe, als die Ordinaten der Linie A B die zugehörigen Salzstromstärken messen). Die Abweichung einzelner Beobachtungspunkte von der hypothetisch das wahre Gesetz darstellenden Curve ist zwar nicht unbedeutend, doch dürfte im Allgemeinen wenigstens das unzweifelhaft festgestellt sein, dass eben die Curve ein Maximum, ein Minimum, dazwischen folglich einen Wendepunkt, und endlich einen immer gerader werdenden ansteigenden Zweig haben müsse. Ein anderer Ausdruck für die eigenthümliche Beziehung des Wasserstromes zum Salzstrome ist der, dass mit zunehmender Concentration das Aequivalent fortwährend abnimmt.

In dem so eben auseinandergesetzten merkwürdigen Verhalten des Wasserstromes zum Salzstrome liegt ein bedeutungsvoller Fingerzeig für die Theorie der in Rede stehenden Erscheinung. Sollte

nicht in der That dem der Concentration so genau proportionalen Salzstrom zunächst ein reiner, jenem dem Volum nach äquivalenter Diffusionswasserstrom entsprechen, welcher also ebenfalls der Concentration proportional wäre? Diese reine Diffusion geschieht etwa im mittleren Theile jedes Porus. Zu diesem Wasserstrom hätte sich dann noch ein zweiter selbstständiger Wasserstrom zu addiren von der Lösung angesaugt vielleicht durch die Wandschichten eines jeden Porus. Die diesen Strom treibenden Kräfte wachsen höchst wahrscheinlich ebenfalls mit wachsender Concentration, aber es sind vielleicht für diesen Strom Widerstände vorhanden, die mit wachsender Concentration noch rascher wachsen, so dass die Intensität des Stromes mit wachsender Concentration anfangs wächst, später abnimmt. Die Summe dieser beiden Ströme ergäbe dann für jede Concentration den im Versuch wirklich zu beobachtenden Wasserstrom. Die gemachte Annahme würde in der That die allgemeine Form unserer Wasserstromcurve zur Folge haben und insbesondere würden in den Ordinaten für niedrige Concentrationen die den angesaugten Partialströmen entsprechenden Summanden, in den Ordinaten für die höheren Concentrationen aber die den Diffusionsströmen entsprechenden überwiegen, so dass eben die Gesammtwasserstromdifferenzen sich immer mehr der Proportionalität mit den Concentrationsdifferenzen nähern.

Der eine als Hauptresultat an die Spitze gestellte Satz ist, glaube ich, durch das Mitgetheilte ausser Zweifel gestellt, dass nämlich die an structurlosen Membranen zu beobachtende Endosmose und die Diffusion durch poröse Scheidewände *wesentlich* verschiedene Vorgänge sind, deren jede eine eigene Theorie bedarf. Ueber diese Theorieen selbst wage ich nach dem Vorliegenden noch Nichts zu sagen und macht namentlich die zuletzt über die Porendiffusion ausgesprochene Bemerkung keinen Anspruch, etwas von einer Theorie zu sein, sie ist vielmehr nur ein anderer Ausdruck für den Thatbestand.

In den Versuchen mit thierischen Membranen, die aus quellungsfähiger also endosmotischer Wirkung fähiger Substanz bestehen, aber gleichzeitig, im Zweifel, Poren haben oder erwerben können, werden nun beide Vorgänge meist gleichzeitig Platz greifen und bald wird der eine, bald der andere überwiegen, je nachdem die Porosität oder die Durchdringlichkeit der Substanz überwiegt oder aber je nachdem das angewandte Salz mehr endosmotische Kraft oder mehr Diffusibilität besitzt. So kann man sich nach dem Erfahrenen kaum der Vermuthung erwehren, dass in Ludwig's Versuchen mit Kochsalz die Endosmose, in seinen Versuchen mit Glaubersalz die Porendiffusion überwog. Ich hoffe demnächst in einer zweiten Abhandlung Versuche vorlegen zu können, die einen tieferen Einblick in den ursächlichen Zusammenhang erlauben.

Während des Druckes der vorliegenden Abhandlung wurde mir die sehr gründliche Untersuchung von W. Schmidt (Pogg. Ann. N⁰. 9) über Diffusion von Glaubersalzlösungen durch Herzbeutelstücke bekannt. Im Allgemeinen scheint Schmidt so glücklich gewesen zu sein, fast porenlose Membranstücke zu treffen, doch giebt er an, dass bei sehr geringen Concentrationsdifferenzen das Aequivalent sehr merklich gestiegen sei, worin ich eine sehr willkommene Bestätigung meiner Ansichten sehe, indem ich diesen Umstand doch einer Einmischung einer Porendiffusion in die reine Endosmose auf Rechnung setzen zu müssen glaube.

Fig. 1.

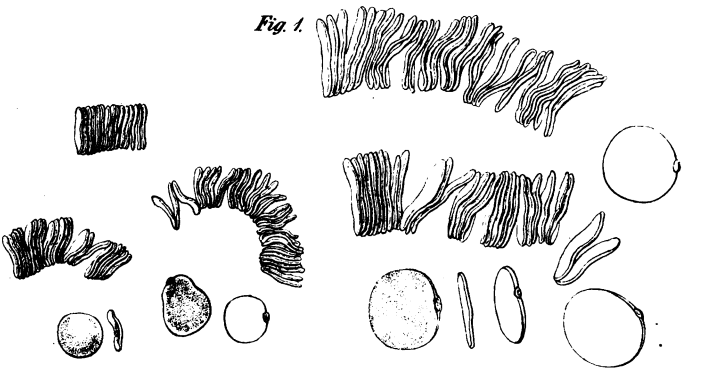


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

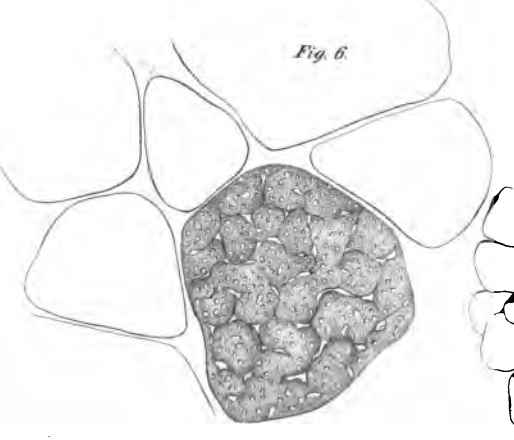
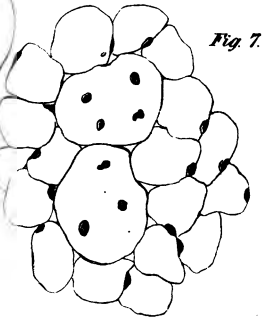


Fig. 7.



Druckerei v. H. Bart in Frankfurt a/M

XI.

Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfaser.

Angestellt im physiologischen Institute der Wiener Universität.

Von

Alexander Rollett. *)

(Mit 1 Tafel.)

Als ich mich bei Gelegenheit der Auffindung von frei im Innern der Muskeln endigenden quergestreiften Muskelfasern **) viel mit der

*) Aus den Sitzungsberichten der kaiserlich österreichischen Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

**) Als Nachtrag zu meiner Abhandlung: Ueber freie Enden quergestreifter Muskelfasern im Innern der Muskeln (Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften, Bd. XXI, p. 176) gebe ich hier eine Literaturnote.

In Haller's Element. phys. Tom. IV. lib. XI. sect. 1. §. 3. kommt folgende Stelle vor: »Non valde longa fibra (scl. carnea) est, neque musculi longitudini aequalis, ut omnino post breve forte unciae iter, fibra non quidem tendinea aliqua enervatione terminetur, sed utique dextrorsum aut sinistrorsum ad latus intorta, inter sui similes evanescat, acuto fine, multaque cellulosa tela firmato.« Was Haller mit diesen Worten beschrieben hat, weiss ich nicht anzugeben, da auch nirgends eine Abbildung existirt, an der man sich Raths erholen könnte, aber so viel ist gewiss, dass von seiner Beschreibung nur die Worte: „inter sui similes evanescat" und „acuto fine« auf die von mir beschriebenen spitzen Muskelfaserenden sich anwenden liessen; alles Andere

Untersuchung des Muskelgewebes beschäftigte, ergaben sich mir einige für den Bau der quergestreiften Primitivbündel bemerkenswerthe Bilder, deren nähere Erforschung ich unternahm. Die Resultate derselben bilden den Inhalt gegenwärtiger Abhandlung.

Ueberblickt man die Literatur der quergestreiften Muskelfaser und geht dabei bis auf Schwann's erste Publicationen zurück, so stimmt man wahr, dass im Allgemeinen die Ansichten der Mikroskopiker über den Bau der Muskelfaser sich seit jener Zeit nicht wesentlich geändert haben.

Schwann nennt die Muskelfibrillen, für deren Darstellung er bestimmte Methoden angiebt, perlschnurartige Fäden *), erklärt die Querstreifung der Muskelfaser durch eine regelmässige Aneinanderlagerung der dickeren und dünneren Abtheilungen jener Fäden, entdeckte die Kerne **) der Muskelfasern und beschrieb zuerst die structurlose Scheide des Primitivbündels ***).

Seit jenen Arbeiten Schwann's wurde viel über Muskelstructur geschrieben, die verschiedensten Ansichten über den Bau der Fibrille und den Grund der Querstreifung tauchten auf, aber die von Valen-

---

passt nicht auf dieselben. Mit Entschiedenheit geht aber aus einer andern Stelle Haller's hervor, dass er keine natürlichen, sondern nur künstliche Faserenden im Fleischbauch der Muskeln gesehen hat. Diese Stelle findet sich in seinen: „Primae lineae physiologiae in usum praelectionum academicarum. Quarto emendatae et auctae. Lausannae 1771, p. 222, und lautet: „In fibra ipsa visibili qualibet adparet series filorum, quae detortis finibus inmixta cum sui similibus et conglutinata, in fibram majorem conjunguntur.“ Es ist dies die im Auszuge wiedergegebene Stelle des grösseren Werkes, welche letztere mir erst einer näheren Anführung bedürftig schien, als ich sie in Kölliker's mikroskop. Anat. Bd. II, 1. Hälfte, p. 210 in einer specielleren Auffassungsweise angezogen fand, was mir entging, als ich wegen des p. 176 der Sitzungsberichte gegebenen Citates bei Kölliker nachblätterte.

*) Müller, Handbuch der Physiologie. 2. Auflage, Coblenz 1835—1837, II. Bd. 1. Abth. p. 33.

**) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung der Structur und des Wachsthums der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839, p. 168.

***) L. c. p. 160.

tin *) wenig geänderte Lehre Schwann's, wonach die Muskelfaser ein durch das Sarkolemma zusammengehaltenes Bündel varicöser Fibrillen ist, zählte stets, und zählt noch jetzt die meisten Anhänger.

Die Bestrebungen Bowman's **), Remak's ***), Leydig's †), die Fibrillen nur als Kunstproducte zu betrachten, fanden wenig Anklang.

Vor Allen hatten aber Bowman's Ansichten fast nur Widerlegungen zu erfahren, denn wenn man auch hie und da die von ihm beobachtete Erscheinung des Zerfallens einer Muskelfaser in der Richtung der Querstreifen wieder gesehen hatte, so legte man doch keinen grossen Werth darauf, weil man sie eben mit der gangbaren Ansicht vom Bau der quergestreiften Muskelfaser nicht in Einklang zu bringen wusste. Da mir im Folgenden Gelegenheit geboten wird, auf die Bowman'schen Beobachtungen etwas näher einzugehen, will ich das Wesentlichste derselben hieher setzen.

Bowman ††) giebt an, dass man an der Oberfläche sowohl als auch im Innern der Muskelfaser stets dunkle Längsstreifen wahrnehme, in deren Richtung sie sich gewöhnlich in Fibrillen spalten, welche letztere aber nur durch das Zerfallen der Muskelfaser entstehen, nicht ursprünglich in ihr vorhanden sind. Manchmal zeigen jedoch die Muskelfasern auch gar keine Neigung zum Zerfallen der Länge nach, sondern brechen in der Richtung der dunklen Querstreifen aus einander, welche die Faser stets in einer auf ihrer Axe

*) Gewebe des menschlichen und thierischen Körpers in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Braunschweig 1842, I. Bd., p. 712.

**) On the minute structure and movements of voluntary muscle. Philosophical Transact. P. II. for 1840. P. I. for 1841, im Auszuge in Reichert's Jahresbericht, Müller's Archiv, 1842.

***) Ueber die Zusammenziehung der Muskelprimitivbündel. Müller's Archiv, 1843, p. 187.

†) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt 1857, p. 44, und verschiedene Schriften.

††) R. B. Todd and W. Bowman: The physiological anatomy and physiology of man. London 1845—1853, S. I, p. 151, 152.

senkrechten Richtung schneiden. Aus einer solchen Spaltung ergeben sich Scheiben (dises), nicht Fibrillen, und doch ist sie ebenso naturgemäss, aber nicht so häufig, als die vorige. Man betrachte daher die Muskelfaser mit demselben Rechte als eine aus Scheiben aufgebaute Säule, wie als ein aus Fibrillen bestehendes Bündel; sie ist aber in der That weder das eine noch das andere, sondern eine Masse, in deren Substanz beides angedeutet ist und welche eine Neigung zum Zerfall nach beiderlei Richtungen hin hat: würde eine totale Spaltung nach allen Linien beider Richtungen hin eintreten, so entstünden einzelne Theilchen, welche man „primitive particles or sarcous elements" nennen könnte, deren Vereinigung eben die Substanz der Faser bildet.

Da man sich beinahe allgemein überzeugte, dass die Querstreifen des Primitivbündels der Ausdruck einer die ganze Dicke desselben durchdringenden Anordnung sind, und mit der Querstreifung unter Umständen die deutlichste Längsstreifung vergesellschaftet fand: so konnte der Bowman'schen Ansicht eine gewisse Berechtigung fortan nicht mehr abgesprochen werden. Was man aber immer und immer wieder gegen sie aufbrachte, war, dass man die discs nur zufälliger Weise und höchst selten erscheinen sehe. So viel über den jetzigen Stand der Histologie der quergestreiften Muskelfaser.

Wenn man ein frisches Muskelprimitivbündel unter dem Mikroskope genau betrachtet, so sieht man besonders nach Zusatz von etwas verdünnter Essigsäure, dass die allbekannte Querstreifung nicht, wie dies schon Fontana *) gezeichnet hat, etwa nur aus dunklen Linien auf lichtem Grunde besteht; sondern es erscheint die Oberfläche des Primitivbündels aus mit einander abwechselnden lichteren und dunkleren Zonen von einer gewissen Breite zusammengesetzt. Man kann durch veränderte Einstellung des Mikroskopes die lichteren Zonen zu den dunkleren, die dunkleren zu den lichteren machen: immer aber hat man durch die härteren Umrisse der einen den Ein-

*) Traité sur le venin de la vipère. Tom. II. Florence 1781. p. 228. Plan VI. Fig. 6 et 7.

druck, dass sie von einer stärker Licht brechenden Substanz gebildet sind als die anderen.

Die Breite der stärker brechenden Zonen oder Querbänder übertrifft die der schwächer brechenden, ich will daher die einen die Hauptsubstanz, die anderen die Zwischensubstanz nennen. Die ganze Anordnung ist vergleichbar einer von der Seite gesehenen Säule, die aus wechsellagernden Scheiben dieser beiden Substanzen aufgebaut ist. Da man sich durch eine einfache Veränderung des Focus von der Thatsache überzeugen kann, dass jene Querstreifen das Bündel in seiner ganzen Dicke durchdringen in stets gleichbleibender Entfernung von einander: so muss man die Querbänder der Oberfläche in der That als die Mantelzonen von Scheiben auffassen, welche mit ihren Grundflächen genau an einander gelegt sind, die aber je eine von ihren beiden Nachbarn durch ein verschiedenes Lichtbrechungsvermögen sich auszeichnen. Es sind also auf der Längsrichtung eines Muskelprimitivbündels zweierlei Substanzen, eine stärker und schwächer brechende regelmässig angeordnet.

Bowman giebt am oben citirten Orte keine auf diese Verschiedenheit bezügliche Erläuterung und die Abbildung, welche auch Kölliker *) ihm entlehnte, lässt durchaus nicht erkennen, dass er seine dises in Beziehung zu der oben beschriebenen Anordnung gebracht habe. Es ist vielmehr gewiss, dass er unter seinen discs nur die stärker brechende Substanz begriffen, die schwächer brechende aber übersehen hat.

Anderwärts jedoch wurde das mikroskopische Verhalten des Primitivbündels schon mit Würdigung der oben aus einander gesetzten Verhältnisse aufgefasst, nämlich von Wharton Jones**), welcher die Ansicht Bowman's vom Scheibenbau der Muskelfaser adoptirte, unter seinen Scheiben aber schon eine der oben angeführten zwei Substanzen begriff und eine zweite zwischen den Scheiben vertheilte

*) Mikroskopische Anatomie, Bd. II, 1. Hälfte, p. 202, Fig. 55.

**) Appareil nevro-magnetique des muscles. Ann. de chim. et de phys. T. X. sér. 3. 1844. p. 111.

Substanz gewahrte. Da jene Schrift Wharton Jones' wenig bekannt zu sein scheint, will ich dessen Worte hier anführen. Er sagt*): „Je suis disposé à penser que la fibre musculaire est composée, comme l'a deja dit M. Bowman, d'une série de pièces en forme de disques, qui n'adhèrent pas immédiatement l'un avec l'autre, mais, qui ainsi que je l'ai vu, sont reunis par une substance intermédiaire assez flexible et assez élastique pour permettre aux disques de se rapprocher beaucoup ou de se séparer jusqu'à une certaine distance." Wharton Jones begleitet diese Worte mit zwei Abbildungen, welche beide nur schematisch gehalten sind.

Wie viel auch Hypothetisches in den eben citirten Worten Wharton Jones sein mag: die dadurch ausgesprochene Beobachtung von der abwechselnden Folge zweier verschiedener Substanzen in der Längsrichtung der Muskelfaser ist richtig**). Wharton Jones' „disques" entsprechen der stärker brechenden, seine „substance intermédiare" entspricht der schwächer brechenden Substanz, welche letztere die Zwischenräume der in regelmässigen Abständen sich folgenden „disques" ausfüllt und daher Scheiben zwischen den Scheiben bildet. Die angeführten Abbildungen sind hauptsächlich darin fehlerhaft, dass an ihnen die schwächer brechende Substanz breiter erscheint, als die stärker brechende, da doch gerade das Umgekehrte der Fall ist.

Die optischen Verhältnisse also, welche eine Muskelfaser unter dem Mikroskope darbietet, führen zur Annahme einer regelmässigen Vertheilung von zweierlei Substanzen in der Längsrichtung der Muskelfaser.

Die besondere Güte des Herrn Professors Brücke erlaubt es mir, hier noch einen optischen Unterschied jener zwei Substanzen mitzutheilen. Noch nicht veröffentlichten Untersuchungen zufolge

---

*) A. a. O. p. 111.

**) Weniger bestimmt wurde etwas Aehnliches später von Mayer für die Muskeln einiger Gliederthiere angegeben. (Monatschrift der Aerzte des Rheinlandes und Westphalens. Juni 1848, p. 347.)

fand Herr Professor Brücke, dass die doppeltbrechenden Eigenschaften, welche die Muskelfaser zeigt, der Hauptsubstanz inhäriren, der Zwischensubstanz hingegen mangeln.

Es wurde schon darauf verwiesen, wie sich die vorgetragene Ansicht von der Bowman'schen unterscheidet. Bowman beobachtete das Zerfallen einer Muskelfaser in Scheiben nach der Richtung der dunklen Querstreifen, welche er eben als Schatten zwischen den Scheiben auffasst, und benutzte diese Beobachtung als Grundlage seiner Ansichten vom Bau der Muskelfaser. Hier hat die oben weiter ausgeführte Betrachtung der Muskelfaser zu dem Schlusse geführt, dass dieselbe aus zweierlei verschieden lichtbrechenden Substanzen besteht, die so regelmässig auf der Längsrichtung der Muskelfaser vertheilt sind, dass sie ihr das Ansehen einer aus Scheiben aufgebauten Säule ertheilen.

Ich weiss nicht anzugeben, welchem Umstande Bowman es zu danken hatte, dass einige von ihm in Weingeist aufbewahrte Muskeln ein Zerfallen ihrer Fasern in die von ihm beschriebenen dises erlitten. Es ist dies nach dem einstimmigen Ausspruche Reichert's*), Henle's**), Hassall's***), Kölliker's†), Ed. Weber's††), ein sehr seltenes Ereigniss, obwohl die Grundbedingung des Zerfallens, wie später noch deutlicher ersichtlich werden wird, in der oben beschriebenen Anordnung von zweierlei Substanzen in der Längsrichtung der Muskelfaser jedenfalls gegeben ist.

Von jenen zwei verschiedenen Substanzen kann man aber, ganz zufallslos, so oft man eben will, die eine in der Form, in welcher sie im Muskelcylinder vertheilt ist, nämlich als Scheibe isolirt erhalten.

---

*) Müller's Archiv, 1842, Jahresbericht.

**) Canstatt's Jahresbericht für 1846, p. 69, d. I. Bd.

***) Mikroskopische Anatomie. Uebersetzt von Dr. Otto Kohlschütter, p. 245.

†) Mikroskopische Anatomie, Bd. II, 1. Hälfte, p. 203 und Handbuch der Gewebelehre, 2. Auflage, Leipzig 1855, p. 186.

††) Artikel: Muskelbewegung in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, II. Bd., 2. Abth., p. 65.

Es ist dies die stärker brechende Substanz und gründet sich deren Isolirbarkeit auf ihre chemische Verschiedenheit von der schwächer brechenden Substanz.

Lehmann *) hat, weil er sich überzeugte, „dass die Muskelfibrille in ihrer Varicosität einerseits und in ihrer Einschnürung anderseits ein verschiedenes Imbibitions-Vermögen besitzt“ die Ansicht ausgesprochen, dass die Elementarfaser der animalen Muskeln nicht als homogen betrachtet werden könne, was auch schon Mulder **) vermuthungsweise hinstellte.

Lehmann hat aber diese auf unzweideutige Versuche ***) gestützte Thatsache für die Erscheinungen, welche er später am Primitivbündel beobachtete, nicht weiter ausgewerthet.

Es ist bekannt, welche äusserliche Veränderungen ein Fleischstück erleidet, wenn es der Einwirkung einer sehr verdünnten Salzsäure (1 pr. m.), wie sie Liebig zur Extraction des sogenannten Muskelfibrins anwendet, einige Zeit lang ausgesetzt wird.

Es schien mir wünschenswerth, auch die Veränderungen kennen zu lernen, welche die mikroskopische Textur der Muskelfaser während dieses Vorganges erleidet: deshalb brachte ich Fleischstücke aus verschiedenen Muskeln einer ausgewachsenen Katze in jene verdünnte Salzsäure. Nachdem sie durch 24 Stunden darin gelegen hatten, durchscheinend geworden und bedeutend angequollen waren, benützte ich sie zur mikroskopischen Untersuchung. Mittelst einer feinen Cowper'schen Scheere wurde dem Verlauf der Fasern nach ein feines Stückchen ausgeschnitten und auf einen Objectträger gebracht, auf welchen früher ein Tropfen jener verdünnten Salzsäure gesetzt wurde. Mit einem Deckgläschen versehen legte ich mein Object unter das Mikroskop.

---

*) Physiologische Chemie, 2. Auflage, Leipzig 1853, 3. Bd., p. 66.

**) Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. Aus dem Holländischen übersetzt von Moleschott. Heidelberg 1844—1851, p. 610.

***) L. c. p. 63.

Man sah, dass die Muskelfasern viel durchsichtiger geworden und angequollen waren. Dort, wo der so veränderte Inhalt des Muskelprimitivbündels noch vom Sarkolemma zusammengehalten wurde, traten die Zonen, welche der stärker brechenden Substanz entsprachen, besonders scharf hervor und standen weiter von einander ab, als dies an den frischen Muskelfasern der Fall war. An den Enden des Schnittes aber hatte sich das elastische Sarkolemma zurückgezogen und einzelne Inhaltsportionen austreten lassen. An diesen letzteren nun sah man eine förmliche Aufblätterung in dünne Scheiben, welche entweder parallel neben einander lagen oder in unregelmässigen Abständen und nach den verschiedensten Richtungen verbogen sich folgten. Neben diesen schnurförmig zusammenhängenden Gruppen, welche noch deutlich die Spuren ihrer ehemaligen Anordnung innerhalb des Sarkolemma's an sich trugen, sieht man aber auch ganz isolirte, aufgerichtete Platten nach den verschiedensten Richtungen verwendet und verzogen, welche ein oder das andere Mal durch das Sehfeld schwimmend, lebhaft an das Wälzen von Blutscheiben erinnern, wenn diese abwechselnd auf die Kante, abwechselnd auf die Fläche gestellt sich weiter bewegen. Das schönste Bild aber gewähren vollständig isolirte Scheiben, welche eben hingebreitet auf ihrer Fläche liegen und gleichsam den Querschnitt einer ganzen Muskelfaser repräsentiren. Es zeigen dieselben eine feine Punktirung und, wenn sie ganz gut erhalten sind, eine vollkommen scharfe Umrandung; letztere trägt sehr häufig in einer seichten Einkerbung einen zufällig an der Scheibe haften gebliebenen Kern der ursprünglichen Muskelfaser. Alle diese Bilder erhält man, wie schon gesagt, von ausgetretenen Portionen des Muskelfaser-Inhaltes, man kann aber dieses Austreten dadurch befördern, dass man über das auf den Objectträger gebrachte Fleischstückchen mit einer quergelegten feinen Präparirnadel sanft hinwegstreift und so den Inhalt aus dem Sarkolemma hinausdrängt, auf diese Weise verschafft man sich die oben beschriebenen Bilder in grosser Anzahl, geeignet zu Einschlüssen für weitere Aufbewahrung.

Die voranstehende Beschreibung hat sich auf die Muskeln der Katze bezogen. Es gaben mir aber die Muskeln des Menschen, des Rindes, des Hundes, der Taube, wenn ich sie mit sehr verdünnter Salzsäure behandelte, ganz dieselben Bilder.

Von den Muskeln des Frosches ist zu bemerken, dass sie sich gegen verdünnte Salzsäure zwar ganz ebenso verhalten, wie die Muskeln der oben genannten Thiere, dass es aber sehr selten gelingt, eine Scheibe isolirt aufzufinden, welche dem ganzen, grossen Querschnitte eines Primitivbündels entsprechen würde; man findet meist nur Bruchstücke einer solchen Scheibe.

Die Scheiben, welche sich nach der erwähnten Methode so schön isoliren lassen, entsprechen, wie schon gesagt, der stärker brechenden Substanz. Man kann den Vorgang, welcher die Isolirung derselben herbeiführt, aufs Genaueste verfolgen. Dabei nimmt man wahr, wie die von der Hauptsubstanz gebildeten Querbänder, welche man auf der Oberfläche der frischen Muskelfaser sieht, immer schärfer hervortreten, aus einander rücken, endlich sich vollkommen von einander entfernen, kurz wie der Zerfall des Muskelfaser-Inhaltes in Scheiben, deren Mantelzonen eben von jenen Querbändern der Oberfläche repräsentirt werden, stufenweise vor sich geht; und es ist die Annahme gerechtfertigt, dass der Zerfall des Muskelfaser-Inhaltes in Scheiben zu Stande kommt, weil von den zwei verschieden lichtbrechenden Substanzen, die man auf der Längsrichtung eines Primitivbündels regelmässig vertheilt findet, die schwächer brechende durch verdünnte Salzsäure schon aufgelöst wurde, während die stärker brechende noch ziemlich unverändert vorhanden ist.

Die Essigsäure bewirkt wesentlich denselben Zerfall des Muskelfaser-Inhaltes, wie die verdünnte Salzsäure, aber sie muss zu dem Ende länger, etwa 48—72 Stunden, auf die Muskelfaser einwirken. Anfangs hat die Essigsäure ein starkes Anquellen der schwächer brechenden Substanz zur Folge. Dem gemäss rücken die Scheiben der stärker brechenden Substanz in weitere Entfernung von einander. In diesem Stadium der Essigsäurewirkung kann man auch der Muskelfaser ihr früheres Aussehen dadurch wiedergeben, dass man Kochsalz-

lösung auf sie einwirken lässt und auf diese Weise die angequollene schwächer brechende Substanz wieder verschrumpfen macht.

Mulder*) hat von der Einwirkung der Essigsäure geschrieben, dass sie ein Auseinanderrücken der Querstreifen auf doppelten Abstand zu Wege bringt. Dabei hat Mulder offenbar die Mantelzonen der Scheiben von stärker brechender Substanz als Querstreifen betrachtet.

Die Einwirkung der Essigsäure auf die Muskelfaser ist also von der verdünnten Salzsäure insofern verschieden, als die Essigsäure weniger energisch auf die schwächer brechende Substanz der Muskelfaser einwirkt, als die verdünnte Salzsäure.

Lehmann**) hat das Verhalten der willkürlichen Muskelfasern gegen verdünnte Salzsäure ebenfalls geprüft und giebt darüber an, dass die Muskelfaser durch verdünnte Salzsäure ganz dieselbe Veränderung erleide, wie er sie nach der Einwirkung von Essigsäure beobachtet habe. Es ist gezeigt worden, dass man diesem Ausspruche nur bedingter Weise beistimmen kann.

Die Einwirkung von Essigsäure und ihre Folgen bespricht Lehmann***) etwas eingehender; jedoch redet er nur von einem Zerfall der Muskelfaser in Scheiben im Bowman'schen Sinne; nennt aber die Scheiben „nicht so distinct wie Bowman angiebt". Die Abbildung †), welche Funke der Beschreibung Lehmann's anpasst, ist auch in diesem Sinne ausgeführt.

Allein weder die Veränderungen nach der Einwirkung von Essigsäure, noch die, welche die Muskelfaser durch verdünnte Salzsäure erleidet, hat Lehmann auf eine Verschiedenheit einzelner Längenabschnitte der Muskelfaser zurückgeführt: obwohl er, wie schon angegeben wurde, eine solche Verschiedenheit früher selbst ausgesprochen hatte.

---

*) Chemische Untersuchungen. Uebersetzt von Dr. A. Völker. Frankfurt 1848.

**) A. a. O. p. 68 und 72.

***) A. a. O. p. 67 und 68.

†) Funke's Atlas zu Lehmann's physiologischer Chemie, T. XV, Fig. 1.

Ich habe jetzt noch eine andere interessante Beobachtung hier anzuführen, welche Frerichs *) schon vor längerer Zeit machte. Er sah die Fleischfaser nach der Einwirkung von Magensaft in Scheiben zerfallen. Man kann sich leicht überzeugen, indem man Fleischstücke in künstliche Verdauungsflüssigkeit bringt, dass dieses Zerfallen gleichfalls durch die Auflösung der schwächer brechenden Substanz der Muskelfaser bedingt ist.

Die zwei verschieden Licht brechenden Substanzen, welche in der Längsrichtung der Muskelfaser regelmässig angeordnet sind, zeigen also auch ein chemisch verschiedenes Verhalten.

Es ist das Verhalten der schwächer brechenden Substanz gegen sehr verdünnte Salzsäure, gegen Essigsäure und gegen Verdauungsflüssigkeit eine sehr bemerkenswerthe Thatsache und es ist zunächst diese schwächer brechende Substanz der Muskelfaser, welche bei der Bereitung der sogenannten Liebig'schen Fleischlösung **) aufgelöst wird.

Bis jetzt wurde eine Reihe von Thatsachen mitgetheilt ohne Berücksichtigung des Umstandes, dass ein Muskelprimitivbündel noch nicht das letzte Formelement des Muskelgewebes ist.

Der eigentlichen Untersuchung der Fibrille lasse ich hier einiges Historische vorangehen. Es scheint mir dies gerathen, weil es mit kurzen Worten geschehen kann und dadurch das Gemeinsame in den verschiedenen Ansichten über die Muskelfibrille sich von selbst ergeben wird.

Wie Muys ***) angiebt, entdeckte Hook die Muskelfäserchen. Nach ihm wurden sie von vielen Beobachtern des XVIII. und beginnenden XIX. Jahrhunderts auf die verschiedenste Weise beschrieben und abgebildet. Allein alle Angaben über den Bau der Fibrille

---

*) Artikel: Verdauung, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Bd. III, 1. Abth., p. 658, Fig. 69.

**) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 73, p. 125 u. w.

***) Investigatio fabricae, quae in partibus musculos componentibus exstat. Lugd. Batav. 1741.

von Hook bis auf Ficinus*), welcher der letzte vor Schwann über das Muskelgewebe schrieb, können wenig Vertrauen erwecken, wenn man die Feinheit des Gegenstandes mit den Mikroskopen von damals zusammenhält.

Ich glaube, dass Schwann der erste war, welcher den schwankenden Ansichten, die man vor ihm über den Bau der Fibrillen hegte, ein Ende machte darum, weil er ganz bestimmte Methoden**) für die Isolirung der Muskelfibrillen angab.

Wie Schwann die feinsten Elemente des Muskelgewebes aufgefasst und dass seine von Valentin wenig geänderte Ansicht die herrschende der Gegenwart ist, wurde schon zu Anfang erzählt.

Nachdem eine sichere Grundlage für weitere Untersuchungen der Muskelfibrille gewonnen war, wurde sie, wie kein anderes Gebilde, mit den verschiedensten, oft höchst phantasiereichen Hypothesen über ihren Bau beglückt. Sie sollte im Zikzak gebogen, wellig gekräuselt, spiralig gewunden, aus gegenläufigen Spiralfasern zusammengedreht, ja wie ein Zopf geflochten sein. Anzugeben, wie und wann man zu jeder einzelnen dieser Hypothesen gelangt ist, würde zu weit führen: es genüge zu sagen, dass keine derselben im Stande ist, die Kritik eines einigermassen guten Mikroskopes der Jetztzeit auszuhalten.

In England hat man zuerst versucht, auf die Thatsache hin, dass die Fibrille ein wahrhaft gegliedertes Ansehen darbietet, weitere Untersuchungen anzustellen. Bowman's Angabe über die „sarcous elements" wurde schon angeführt. Sharpey, Carpenter***) und Quekett †) haben, gestützt auf Präparate des Optikers Lealand, die Fibrillen als eine lineare Reihe zusammenhängender Partikelchen

*) De fibrae muscularis forma et structura. Lipsiae 1836.

**) Müller's Physiologie, p. 83.

***) Sharpey in Quain's anatomy 5. edit. part. II. London 1846, und Carpenter im Manual of physiology. London 1846, bei Hassall, Mikroskop. Anatomie, p. 242.

†) A practical treatise on the use of the microscope, London 1848, in Henle's Jahresbericht für 1848.

oder Zellen beschrieben; ihnen folgt Hassall*). Nach Wilson**) sollten in jeder Fibrille zweierlei Zellen angeordnet und je zwei lichte durch eine dunkle Linie geschiedene Zellen zwischen zwei dunklen gelagert sein. Dobie***) endlich hat die Fibrille als eine lineare Reihe heller und dunkler, vierseitiger und mit einander abwechselnder Körperchen beschrieben.

Donders†) fand die Fibrille aus hellen, zu einem Faden an einander gereihten Bläschen bestehend. In jedem dieser Bläschen liegt nach ihm ein dem „sarcous element" entsprechendes kubisches Körperchen.

In Deutschland endlich sah Leydig††) die Fibrillen als Kunstproducte an, hervorgebracht durch ein zufälliges säulenartiges Aneinanderkleben der „sarcous elements", während Aubert†††) sich der Bowman'schen Ansicht über den Bau der Muskelfaser anschliesst, weil er ein Zerfallen der Fibrillen in kleine quadratische Stücke sah.

Dieser kurze Ueberblick möge also gezeigt haben, wie die Strebungen der neueren Zeit dahin gehen, die Fibrille als ein wirklich gegliedertes Gebilde aufzufassen und ihr mikroskopisches Verhalten also zu erklären.

Unter allen angeführten Ansichten die einfachste ist die von Dobie, und sie ist es auch, an welche ich anknüpfen kann.

Nach dem, was ich früher über die Scheibenspaltung der Muskelfaser angegeben habe, ist vielleicht der Anschein entstanden, als ob ich die Existenz der Fibrillen in Abrede stellen wollte: dieses ist je-

---

*) A. a. O. p. 243.

**) Manual of anatomy. 3. Edit. p. 16.

***) On the minute structure and mode of contraction of voluntary muscular fibre. Ann. of natural history. Feb. 1848, in Henle's Jahresbericht für 1848.

†) Onderzoekingen betrekkelyk den bouw van het menschelyke hart. Nederl. Lancet. 3. ser. 1. Jaarg. p. 556.

††) A. a. O.

†††) Ueber die eigenthümliche Structur der Thoraxmuskeln der Insecten. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. IV, p. 389.

doch keineswegs der Fall. Ich habe mich hinlänglich überzeugt, dass sich Fibrillen aus todtenstarren Muskelfasern durch Zerzupfen leicht gewinnen lassen, dass die Muskelfaser durch Maceration in Wasser von 1—8° R. (Schwann), oder in Wasser, dem ein wenig Sublimat zugesetzt ist (Schwann), ebenso in Fibrillen zerfällt, als das Einlegen in Alkohol oder in Chromsäure (Hannover), oder das Kochen dieselbe zu einer Spaltung in Fibrillen disponirt.

Unter allen den genannten Methoden fand ich die Maceration in Weingeist am besten. Ein m. hyoglossus vom Menschen zeigte mir, nachdem er durch einige Monate in Weingeist gelegen war, das im Folgenden zu beschreibende Verhalten.

Die Primitivbündel desselben konnten sehr leicht von einander getrennt werden. War unter den isolirten Primitivbündeln eines in schiefer Richtung entzweigebrochen, so dass die Fibrillen wie ein Bündel ungleich langer Fäden aus dem Sarkolemma heraushingen, so sah man, dass diese Fädchen terrassenförmig übereinander geschichtet, dem entblössten Muskelfaserinhalte das Ansehen einer gerifften Säule ertheilten. Die Bruchfläche selbst bot ein gezacktes Aussehen dar. Hatte man durch Bearbeitung einer Muskelfaser mit feinen Präparirnadeln eine Fibrille wirklich isolirt, so fiel vor Allem der gegliederte Bau derselben ins Auge. Forscht man näher nach dem Wesen dieser Gliederung, so findet man, dass in der Fibrille, entsprechend den Verhältnissen, wie wir sie am Primitivbündel kennen gelernt haben, eine abwechselnde Folge von stärker und schwächer brechenden Gliedern stattfindet.

Man sieht, dass jedes einzelne stärker brechende Glied derselben ein prismatisches Stückchen bildet, dessen Längenaxe in der Axe der Fibrille selbst liegt, und dass jedes dieser Stückchen durch ein kürzeres aus schwächer brechender Substanz von dem nächstfolgenden gleicher Art getrennt ist. Die stärker brechenden und längeren Glieder heben sich durch ihre schärferen Contouren besser von der Umgebung ab, als die schwächer brechenden, wodurch jener Anschein einer perlschnurartigen Form zu Stande kommt, welche man von vielen Seiten für das Wesen der an der Fibrille wahrzunehmenden Gliederung hält.

Diese Gliederung findet aber eben in der Wechselfolge von zweierlei Substanzen auf der Längsrichtung der Fibrille ihre hinreichende Erklärung.

Ein Bündel solcher gegliederter Fibrillen, von einer vollkommen structurlosen Scheide umschlossen, bildet die quergestreifte Muskelfaser. Ich erwähne der vollkommen structurlosen Scheide hier deshalb, weil auch in neuester Zeit, nämlich von Funke*), Zweifel dagegen erhoben wurden. Letzterer behauptet, dass die Scheide quergestreift sei, und dass diese Querstreifen der Ausdruck einer nach dem Tode von der Oberfläche gegen die Tiefe fortschreitenden Querspaltung seien, welche bisweilen zur Scheibenbildung führe.

Diese Ansicht zu kennen, scheint mir wichtig für die Beurtheilung, unter welchen Eindrücken die oben citirten von Funke gelieferten Zeichnungen**) entstanden sein mögen, von denen ich sagte, dass sie nur eine Scheibenspaltung der Muskelfaser im Bowman'schen Sinne veranschaulichen.

Es ist nach dem, was ich zuerst über die Structur des Primitivbündels, dann über den Bau der Fibrille gesagt habe, wie von selbst verständlich, dass ich die sogenannte Querstreifung des Primitivbündels davon herleiten werde, dass die homogenen Glieder der ein Bündel constituirenden Fibrillen genau neben einander zu liegen kommen. Die einzelnen prismatischen Glieder von stärker brechender Substanz treffen in einem Bündel von Fibrillen also auf einander, dass je ein stärker brechendes Glied einer Fibrille mit je einem stärker brechenden Glied aller übrigen Fibrillen zwischen zwei vollkommen parallele Querschnittsebenen zu liegen kommt. Mit anderen Worten so, dass die Grundflächen der neben einander liegenden prismatischen Fibrillenglieder genau in dieselbe Querschnittsebene fallen und so das im Anfang beschriebene Ansehen von abwechselnden stärker und schwächer brechenden Abschnitten am Primitivbündel hervorbringen.

---

*) Lehrbuch der Physiologie, Leipzig 1855, p. 515.

**) Atlas zu Lehmann's physiologischer Chemie, T. XV, Fig. 1.

Wenn man einen in Weingeist macerirten Muskel unter dem Mikroskope untersucht, ohne ihn weiter als in Primitivbündel zu zerlegen, so sieht man an diesen letzteren neben der meist sehr ausgeprägten Querstreifung auch eine sehr deutliche und feine Längstheilung. Es ist diese feine Längstheilung das äussere Anzeichen, dass ein Primitivbündel sich in einem Zustande befindet, wo es eine Zerlegung in Fibrillen mit grösster Leichtigkeit gestattet.

Unterwirft man diese Längstheilung einer genaueren Untersuchung, so findet man, dass sie jene Abschnitte des Primitivbündels, welche von der stärker brechenden Substanz gebildet werden, in kleine vierseitige Abtheilungen bringt. Jede solche Abtheilung entspricht in Bezug auf Form und Grösse einem stärker brechenden Fibrillengliede. Diese Abtheilungen liegen in ein und derselben Richtung auf der Länge des Primitivbündels, je eine von jeder stärker brechenden Scheibe genau über einander.

An den Querbändern, welche der schwächer brechenden Substanz entsprechen, kann man jene Theilung nicht wahrnehmen, obwohl es stets gelingt, Fibrillen in grosser Ausdehnung aus jenen Muskelfasern zu gewinnen. Die Contouren der schwächer brechenden Glieder sind also, wenn dieselben noch im Primitivbündel eng an einander liegen, verschwindend. Das eben aus einander gesetzte Bild hat uns also unmittelbar das Zustandekommen der sogenannten Querstreifung vor Augen geführt. Es ist nur Variation des schon Gesagten, wenn ich hier noch ein anderes Bild bespreche, welches sich besonders eignet, die wahre Natur der Querstreifung mit einem Male zu überschauen. Man findet häufig, wenn man sich bemüht hat, Spirituspräparate in Fibrillen zu zerlegen, einige Primitivbündel, von welchen eine Fibrille nur eine Strecke weit abgetrennt ist, so dass man von ein und derselben Fibrille den einen Theil noch in seiner Zusammenordnung mit den übrigen Fibrillen des Bündels, den anderen Theil aber isolirt vor sich liegen sieht. Man kann dann von der Stelle an, wo die Fibrille aus dem Zusammenhange mit den übrigen sich löst, wo sie also zum letzten Male zur Bildung eines Querstreifens beiträgt, die abwechselnd stärker und schwächer bre-

chenden Abschnitte des Primitivbündels sowohl, wie auch die abwechselnd stärker und schwächer brechenden Glieder der Fibrille eine Strecke weit verfolgen und ganz deutlich sehen, wie immer ein stärker brechendes Fibrillenglied auf einen stärker brechenden Abschnitt des Primitivbündels, ein schwächer brechendes Fibrillenglied auf einen schwächer brechenden Abschnitt des Primitivbündels treffen würde, wenn man jene isolirte Fibrille wieder an das Primitivbündel anschmiegen würde.

Das genaue Aufeinandertreffen homogener Fibrillenglieder in der beschriebenen Weise ist die Grundbedingung des quergestreiften Ansehens, so wie des durch verdünnte Salzsäure, Essigsäure und Verdauungsflüssigkeit bewirkten Scheiben bildenden Zerfalles der Muskelfaser, welcher hervorgebracht wird durch die Auflösung je einer Abtheilung genau auf einander treffender Fibrillenglieder von schwächer brechender Substanz. Man beobachtet aber bisweilen auch eine Verschiebung der Fibrillen, welche schon von Schwann sehr genau beschrieben wurde, und zwar mit folgenden treffenden Worten*): „Man beobachtet auch zuweilen eine Verrückung der Primitivfasern der Länge nach; der Muskel erscheint dann beim ersten Anblick nicht quergestreift, sondern punktirt. Bei genauerer Betrachtung sieht man aber, dass die dunklen Punkte, wenn man sie in der Richtung der Fasern verfolgt, regelmässig auf einander folgen. In der queren Richtung aber ist die Reihe unregelmässig unterbrochen.“ Man besitzt in der verdünnten Natron- oder Kalilösung, von welchen es bekannt ist, dass sie den Muskelfaser-Inhalt aus dem Sarkolemma heraustreiben, gute Mittel, um jene Verrückung der Fibrillen leicht jeden Augenblick beobachten zu können. Wenn man die angegebenen Reagentien anwendet, so sieht man, wie die einzelnen Abtheilungen der Fibrillen, während sie aus dem Sarkolemma hinausgedrängt werden, sich der Länge nach an einander verschieben und dem Muskelfaser-Inhalte das oben mit den Worten Schwann's beschriebene Aussehen verleihen, welches man nicht selten auch an frischen Mus-

*) Müller's Physiologie, Bd. II, 1. Abth., p. 34.

keln, besonders an den dicken Primitivbündeln der Amphibien, am öftesten aber an den verzweigten Primitivbündeln des Herzmuskels zu sehen bekommt.

Wird das, was schon früher ins Reine gebracht, zusammengehalten mit dem nun erst Mitgetheilten, so sieht man, wie die Isolirbarkeit der stärker brechenden Substanz des Muskelfaser-Inhaltes in Form einer Scheibe sehr wohl mit der fibrillären Structur des Inhaltes in Einklang gebracht werden kann.

Würde aber ein Zerfallen des Faserinhaltes der Quere nach ohne Lösung der entsprechenden Abschnitte von schwächer brechender Substanz eintreten in der Richtung jener Querebenen, in welchen stärker und schwächer brechende Abschnitte an einander stossen, so müsste man zweierlei Scheiben erhalten, dickere von stärker brechender Substanz und dünnere von schwächer brechender Substanz. Jede dieser Scheiben bestände aber aus prismatischen Stückchen, d. h. aus gleichnamigen Gliedern, je eines von jeder Fibrille. Würde jede solche Scheibe wieder in ihre Theile zerfällt, d. h. würde die Muskelfaser in Längs- und Querrichtung zugleich gespalten, so müsste man zwei Arten kleinster Theilchen erhalten, nämlich längere, stärker und doppelt (Brücke) brechende und kürzere, schwächer und einfach (Brücke) brechende, welche letztere ein anderes Verhalten gegen verdünnte Salzsäure, Essigsäure und Verdauungsflüssigkeit darböten, als die ersteren. Dem ist aber nicht so: man erhält nur eine Art von Scheiben, Bowman's „discs", die aus unserer Hauptsubstanz bestehen, und beim Zerfallen in zwei Richtungen erhält man nur eine Art von kleinsten Theilen, Bowman's „sarcous elements", welche gleichfalls aus der Hauptsubstanz bestehen; unsere Zwischensubstanz wird in beiden Fällen aufgelöst.

Ich habe im Früheren gezeigt, wie die Ansicht vom fibrillären Bau des Muskelfaser-Inhaltes mit einer Reihe von Erscheinungen, die man am Primitivbündel beobachten kann, in sehr gutem Einklange steht, ja wie sich diese nur aus jenem erklären. Aber ein häufig gebrauchtes Argument dieser Ansicht habe ich nicht benützen können, nämlich die Sichtbarkeit des Durchschnittes der Fibrillen auf dem Muskelquerschnitte.

Man hat bis vor Kurzem angenommen, dass der Inhalt jeder Muskelfaser ein compactes Fibrillenbündel sei, und hat, weil die Fibrillen sehr kleine Elementartheile sind, jedes körnige oder punktirte Aussehen des Muskelfaser-Querschnittes als hervorgebracht durch die neben einander liegenden Querschnitte der Fibrillen angesehen. Erst Leydig*) hat darauf aufmerksam gemacht, dass man die Fibrillendurchschnitte der Autoren vielmehr als die Querschnitte von Lücken auffassen müsse, welche den Inhalt des Primitivbündels durchbrechen. Veranlasst durch die Mittheilungen Leydig's hat auch Kölliker**) Beobachtungen bekannt gemacht, aus welchen hervorgeht, dass der Muskelfaser-Inhalt nicht ein dichtes Fibrillenbündel darstellt.

Für die richtige Deutung des auf dem Querschnitte der Muskelfaser Sichtbaren scheinen mir einige Beobachtungen von Einfluss, welche ich hier besonders darum etwas näher mittheilen will, weil sich verschiedene Muskelfasern in Beziehung ihres Querschnittes nicht ganz gleich verhalten.

Ein sehr geeignetes Object für die Untersuchung des Querschnittes der Muskelfasern ist das Fleisch des Rinderherzens. Auf einem feinen Schnittchen eines an der Luft getrockneten Stückchens des frischen Rinderherzens sieht man auf den Durchschnitten der Primitivbündel eine sehr feine und zierliche Zeichnung. Es liegt nahe, diese Zeichnung als den Ausdruck von neben einander liegenden Fibrillendurchschnitten anzusehen: allein eine sorgfältige Betrachtung des Querschnittes bei stärkeren Vergrösserungen lehrt, dass die vermeintlichen Fibrillendurchschnitte nichts anderes, als substanzleere Stellen seien. Eine ganze Reihe von Querschnitten eines und desselben Fleischstückchens, welche man durch unmittelbar auf einander folgende Messerzüge gewonnen hatte, liess stets dieselben Verhältnisse erkennen und man muss demnach jene Lücken als die

*) Ueber Tastkörperchen und Muskelstructur. Müller's Archiv, 1856, p. 150.

**) Einige Bemerkungen über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 1856, p. 313.

Querschnitte von Längsspalten, von Zwischenräumen zwischen den Fibrillen des Bündels auffassen.

Ganz dasselbe Bild, wie ich es vom getrockneten Herzfleisch erhielt, zeigten mir auch Querschnitte, welche ich, um sie in einem dem Frischen sehr nahe kommenden Zustande vor mir zu haben, aus festgefrorenen Stücken des Rinderherzens anfertigte.

Aus diesen Beobachtungen folgt zweierlei: fürs Erste, dass Leydig's Beobachtung, es sei das Primitivbündel von einem Lückensystem durchbrochen *), richtig ist, zum Anderen aber, dass die Fibrillen an ihren Berührungsstellen so fest und innig an einander liegen, dass ihre Contouren sich dem Auge daselbst entziehen und nur an Stellen sichtbar werden, wo sich das verschiedene Lichtbrechungsvermögen der Fibrillen und eines jener Zwischenräume gegen einander abgrenzen. Zu Leydig's Vergleich jener Spalten des Primitivbündels mit Bindegewebskörperchen erlaube ich mir zu bemerken, dass abgesehen von den vielen Controversen, welche über jene Formen des Bindegewebes selbst noch geführt werden, der erwähnte, sehr interessante Vergleich auch dadurch eine Beschränkung erfährt, dass nur dann, wenn jene Spalten des Primitivbündels stellenweise durch innenliegende Kerne ausgeweitet werden, eine Aehnlichkeit des Bildes mit jenen Bindegewebsformen erzeugt wird, was aber, wie sich bald herausstellen soll, nicht immer der Fall ist.

Unterwarf ich feine Schnittchen, gleichgültig, ob aus dem getrockneten oder gefrorenen Herzfleisch erhalten, einer mehrtägigen Maceration im Wasser nach der Schwann'schen Angabe, so zeigten mir dieselben ein von ihrem früheren Aussehen ganz verschiedenes Bild. Die Querschnitte der Fibrillen waren nun wirklich sichtbar geworden, die Lücken, welche man auf dem frischen Schnitte bemerkte, waren auf dem macerirten durch dunkle Linien mit einander

*) Nach Kölliker (a. a. O. p. 316) ist Leydig's Lückensystem mit der sogenannten interstitiellen Körnermasse erfüllt. Mir mangeln die Erfahrungen über jene Körnchen, ihr Vorhandensein ändert aber nichts an den Verhältnissen zwischen den Fibrillen und den zwischen diesen vorhandenen Lücken.

in Verbindung getreten, welche Linien nichts anderes, als die ringförmigen Contouren der neben einander liegenden Fibrillendurchschnitte waren.

Die Fibrillen wurden hier auf dem Querschnitte nach einer jener Behandlungsmethoden sichtbar, deren man sich überhaupt bedient, um den Inhalt der quergestreiften Muskelfaser in Fibrillen zu zerfällen. So wie es hiefür mehrere Verfahren giebt, so wird man vielleicht auch die Durchschnitte der Fibrillen auf dem Muskelfaser-Querschnitte nach verschiedenen Methoden sichtbar machen können, und man hat daher der Behauptung, dass man die Fibrillendurchschnitte auf dem Querschnitt der Muskelfasern gesehen habe, immer auch die Behandlungsweisen jener Schnitte, oder der sie liefernden Muskelstücke beizufügen.

Ein macerirter Querschnitt unterscheidet sich sehr wohl von dem eines getrockneten oder gefrorenen Fleischstückchens, der unmittelbar nach der Anfertigung untersucht wird. Auf dem letzteren sieht man, wie gesagt, nur die zwischen den Fibrillen vorhandenen Lücken. Diese Lücken werden kleiner, wenn man Essigsäure oder verdünnte Salzsäure, worin die Fibrillen anquellen, auf jene Querschnitte einwirken lässt, ja man kann endlich beobachten, wie auf dem durchsichtiger gewordenen Querschnitte des Primitivbündels nur noch discrete dunkle Punkte erscheinen, welche sich wie Durchschnitte der feinsten Kernfasern des Bindegewebes ausnehmen. Lässt man aber auf also aussehende Querschnitte concentrirte Kochsalzlösung einwirken, so werden sie wieder den in Wasser aufgeweichten Querschnitten getrockneter Fleischstücke ganz und gar ähnlich. Die Schrumpfung der Fibrillen in Kochsalzlösung giebt auch noch zu einer anderen Beobachtung Veranlassung, welche sehr geeignet ist, die Verhältnisse des Muskelfaser-Querschnittes richtig erkennen zu lassen. Bringt man ein Stück Rinderherz in siedende Kochsalzlösung und lässt es in derselben etwa 10 Minuten lang kochen, trocknet es hierauf und fertigt dann von dem trockenen Fleischstücke, welches eine eigenthümlich spröde Consistenz angenommen hat, feine Querschnitte an: so findet man, dass die Lücken des Faserquerschnittes sich bedeutend

erweitert und nach verschiedenen Seiten unregelmässig ausgebuchtet haben, so dass sie dem Querschnitte jeder einzelnen Faser das Ansehen eines anastomosirenden Balkenwerkes geben, welches verschieden geformte Maschenräume zwischen sich fasst.

Lässt man auf diese Querschnitte wieder Reagentien einwirken, in welchen die Fibrillen anquellen, als Essigsäure oder verdünnte Salzsäure, so nimmt man wahr, dass das Quellungsvermögen der Fibrillen zwar in bedeutendem Grade abgenommen hat, dass sie aber dennoch in so weit anquellen und die Lücken sich entsprechend verkleinern, um den Querschnitten der Fasern ein Aussehen zu ertheilen, welches dem der Querschnitte aus getrockneten oder gefrorenen Muskelstücken ganz gleich ist. Dieser letztere Umstand aber giebt die beste Gelegenheit sich zu überzeugen, wie die auf dem Querschnitte frischer Muskelfasern sichtbare feine Zeichnung, welche man als den Ausdruck von dichtstehenden Fibrillendurchschnitten gelten liess, vielmehr der Vertheilung von Löchern auf dem Faserquerschnitte ihre Entstehung verdankt.

Diese Löcher des Querschnittes sind aber die Durchschnitte von Längsspalten, welche zwischen den Fibrillen eines Primitivbündels vorhanden sind, und von denen Leydig*) mit Recht die an frischen Muskelfasern in Distanzen auftretenden Längsstreifen ableitet, Längsstreifen, welche keineswegs der Ausdruck der fibrillären Textur des Muskelfaser-Inhaltes sind: denn wie fein und zart jene Längsstreifung beschaffen ist, welche wirklich der Ausdruck einer im Bündel sichtbaren Sonderung der einzelnen Fibrillen ist, wurde weiter oben beschrieben.

Aehnlich wie der Querschnitt des Rinderherzens verhält sich auch der Querschnitt des Herzens sowohl als auch der willkürlichen Muskeln der übrigen Wirbelthiere; jedoch kommen, besonders wenn man zugleich die Vertheilung der Kerne im Primitivbündel berücksichtigt, einige bemerkenswerthe Verschiedenheiten von vergleichend histologischem Interesse vor.

---

*) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt 1857, p. 48.

Die willkürlichen Muskeln der Säugethiere *), nach den verschiedenen angegebenen Methoden in Hinsicht auf den Querschnitt untersucht, bieten ganz dieselben Verhältnisse dar, wie das Herzfleisch des Rindes. Dies gilt auch vom Herzfleische der Säugethiere.

Macht man aber die betreffenden Querschnitte gekochter und dann getrockneter Fleischstückchen mit Essigsäure durchsichtig, so sieht man die jetzt stärker hervortretenden Kerne auf den Querschnitten willkürlicher Muskelfasern stets an der Oberfläche des Muskelfaser-Inhaltes und zwar zwischen diesem und der structurlosen Hülle angeordnet, wie es von den meisten Autoren angegeben wird.

Die Kerne der Herzmuskelfasern dagegen stehen im Innern des Primitivbündels zwischen den Fibrillen, wie dies schon Donders **) angiebt, aber nicht genau im Centrum, sondern in allen Tiefen vertheilt, nie aber, wie in den Fasern der willkürlichen Muskeln, ausschliesslich an der Oberfläche.

Der Querschnitt der Froschmuskeln ***) nimmt sich etwas anders aus, als jener der Säugethiermuskeln. Die beschriebenen Lücken des Faserquerschnittes stehen hier weiter von einander ab und fassen grössere Abtheilungen von Fibrillen zwischen sich. Die Kerne des Primitivbündels hier, wie bekannt, in allen Tiefen desselben vertheilt, liegen in jenen Spalten auf den Fibrillen.

Besonders deutlich treten jene Verschiedenheiten an Querschnitten von Froschmuskeln hervor, welche in Salzlösung gekocht wurden.

Man sieht auf denselben grössere Lücken des Primitivbündels nach den verschiedensten Richtungen sich in längliche Spalten fortsetzen, welche den Inhalt ebenso in kleinere Partien abtheilen, wie dies durch die bekannten sternförmigen Figuren des Sehnenquer-

---

*) Mensch, Rind, Hund, Katze, Maus, mus decumanus, Eichhörnchen, Meerschweinchen, Kaninchen, Schwein.

**) Physiologie des Menschen. Aus dem Holländischen übersetzt von Fr. Wilhelm Theile. 1. Bd. Leipzig 1856, p. 23, Eig. 10.

***) Rana esculenta.

schnittes für das Bindegewebe geschieht. Zwischen diesen grösseren Lücken sind noch kleinere in regelmässiger Vertheilung vorhanden.

Wie beim Frosch verhielten sich auch die Querschnitte der Muskelfasern bei anderen Amphibien *) und bei Fischen **).

Ein sehr merkwürdiges Verhältniss aber findet sich im Fleische der Brustmusculatur bei der Haustaube, denn in demselben wechseln Fasern mit einander ab, von denen die einen ganz wie Muskelfasern der Säugethiere sich verhalten, während die anderen einen Querschnitt darbieten, welcher dem des Froschmuskels sehr ähnlich ist. Die erstere Art ist in überwiegender Anzahl vorhanden, aber der Dickendurchmesser ihrer Fasern wird von jenen der anderen Art um das 3—4fache übertroffen.

Behandelt man einen solchen Querschnitt des gekochten Pectoralis major der Taube mit Essigsäure, um die Kerne deutlich zu übersehen, so findet man, dass die Kerne der feineren Muskelfasern alle zwischen Inhalt und Sarkolemma, jene der dickeren aber im Innern des Primitivbündels vertheilt sind.

Einen gleichen Unterschied in der Vertheilung der Kerne bietet das weisse und dunklere Fleisch der Hühnervögel ***) dar; das erstere zeigt die Kerne im Innern, das letztere auf der Oberfläche der Primitivbündel.

Bei anderen Vögeln fand ich die Muskelfasern ganz so gebaut †), wie die der Säugethiere, was eben auch für die Fasern des dunklen Hühnerfleisches, für alle Fasern der Kopf-, Rücken- und Extremitätenmuskeln, so wie für die Mehrzahl der Brustmuskelfasern der Taube gilt.

---

*) Bufo cinereus, Laur., Lacerta viridis und agilis, Chamaeleon africanus, Natrix torquata, Aldr.

**) Cyprinus Carpio, Cobitis barbatula, Phoxinus Marsilii, Heckel.

***) Haushuhn, Tetrao bonasia und tetrix.

†) Fringilla domestica und coelebs, Emberiza citrinella, Gans, Ente.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Die Hauptsubstanz aus den willkürlichen Muskelfasern einer Katze nach der im Text beschriebenen Methode durch verdünnte Salzsäure (1 p. m.) in Scheibenform isolirt. Man sieht Reihen von noch lose zusammenhängenden Scheiben, aber auch vollkommen isolirte, theils auf der Grundfläche liegend, theils mit senkrecht aufgerichteten Grundflächen auf dem Mantelstreifen stehend.

Fig. 2. Ein frisches Muskelprimitivbündel des Frosches mit etwas Essigsäure behandelt. Die dunkler angelegten Zonen entsprechen der Hauptsubstanz, die lichteren der Zwischensubstanz. Da genau auf die Oberfläche des Bündels eingestellt wurde, konnten nur einige der in allen Tiefen des Bündels vertheilten Kerne mit schärferen Umrissen gezeichnet werden, während die anderen nur wie matte Schatten sich ausnehmen.

Fig. 3. Ein Muskelprimitivbündel des Menschen. Die dunkler gezeichneten Zonen entsprechen der Hauptsubstanz, die lichteren der Zwischensubstanz. Diese Zeichnung wurde angefertigt nach Fasern eines in Weingeist gelegenen Muskels, bei welchen die in der nächsten Figur dargestellte Veränderung noch nicht eingetreten war.

Fig. 4. Ein Muskelprimitivbündel des Menschen, an welchem durch längere Maceration in Weingeist jene im Text näher beschriebene feine Längstheilung hergestellt wurde, welche eine im Bündel eingetretene Sonderung in Fibrillen andeutet.

Fig. 5. Der Querschnitt eines in Salzlösung gekochten Stückes des Rinderherzens. Es zeigt das Primitivbündel jene erweiterten und unregelmässig ausgebuchteten Löcher, welche die Querschnitte der zwischen den Fibrillen vorhandenen Längsspalten darstellen.

Fig. 6. Der Querschnitt eines in Salzlösung gekochten Froschmuskels. Man sieht die Abgrenzung einzelner Abtheilungen des Inhaltes durch grössere in längliche Fortsätze ausstrahlende Lücken, zwischen welchen wieder kleinere vorhanden sind. Sämmtliche sechs Figuren wurden von Dr. Elfinger nach der Natur gezeichnet und zeigen die Objecte bei 400maliger Vergrösserung.

Fig. 7. Ein Querschnitt aus dem grossen Brustmuskel der Taube. Es wurden nur die Umrisse der Primitivbündel und die in denselben sichtbaren Kerne gezeichnet, um die im Text beschriebenen Verschiedenheiten der Muskelfasern zu verdeutlichen.

Aufforderung.

Im Jahre 1840 erschien von dem Unterzeichneten ein Schriftchen unter dem Titel: „**Beobachtungen über Lähmungs-Zustände der unteren Extremitäten und deren Behandlung** mit 7 Steindrucktafeln. Stuttgart bei Köhler, 1840“, welches eine bis dahin noch wenig beachtete Form von Paralyse bei Kindern zum Gegenstand hat. Dieser Abhandlung wurde von verschiedenen Aerzten besondere Aufmerksamkeit zu Theil; in den letzten Jahren namentlich von Romberg in seinem „Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen“, Duchenne in seiner Schrift über „l'électrisation localisée“, Wachsmuth in: „Henle und Pfeufer's Journal“, 7. Band, I. und II. Heft. In ausführlicher Weise aber erwähnt derselben Rilliet in der „Gazette médicale“ Nr. 44 des Jahres 1851 (übersetzt im Journal für Kinderkrankheiten von Behrend und Hildebrand, 8. Bd., S. 50), sowie in dem Handbuch über Kinderkrankheiten von Barthez und Rilliet, in welchem Werke Beide mir die Priorität zuerkennen.

Leider musste ich aber damals eine wesentliche Lücke unausgefüllt lassen; es fehlten mir nämlich positive Angaben über das pathologisch-anatomische Verhalten des Centralnervensystems der genannten Lähmungszustände. Nach dem Erscheinen meiner Schrift wurden auch von Andern ähnliche Fälle bekannt gemacht, und ich selbst habe seitdem 137 weitere Patienten mit lähmungsartigen Zuständen in meiner Anstalt behandelt, allein die pathologische Anatomie dieser Lähmungsform ist bis heute unaufgeklärt geblieben, und

sind meines Wissens keine Sectionsresultate veröffentlicht worden, wozu es auch mir an Gelegenheit fehlte. Aus diesem Grunde erlaube ich mir nun an meine geehrten Herren Collegen im Interesse der Wissenschaft die Frage zu stellen, ob nicht der Eine oder der Andere sich in der Lage befand, von der in meiner Abhandlung beschriebenen Paralysis infantilis eine Section zu machen und im bejahenden Falle möchte ich die freundliche Bitte damit verbinden, die Ergebnisse derselben zu veröffentlichen, oder mir direct gütigst zukommen lassen zu wollen, um sie zu einer weiteren Arbeit benützen zu können.

Die der fraglichen Krankheit zustehenden Erscheinungen sind in gedrängter Zusammenstellung folgende:

Gesund und gerade geborene Kinder im Alter von 6—36 Monaten, ausnahmsweise etwas darüber, erkranken, nachdem sie bis dahin ganz wohl waren, entweder mit oder ohne vorhergegangene Andeutungen von Unwohlsein, plötzlich unter den Erscheinungen von Hitze, congestionellen und irritativen Zuständen, Fieber, viel Schreien, und da, wo erschwertes Zahnen in Verbindung steht, mit den weiteren Erscheinungen desselben, sowie auch zuweilen unter den Symptomen von gestörtem Verlauf acuter exanthematischer Krankheitsprocesse. Bald hierauf brechen Convulsionen leichteren oder stärkeren Grades aus, die sich in kürzeren oder längeren Intervallen wiederholen. In anderen Fällen tritt die Krankheit ohne die angeführten Symptome plötzlich mit Convulsionen, Schäumen vor Mund und Nase, Blauwerden etc. auf. Manchmal fehlen indessen auch diese Erscheinungen oder sind nur in geringem Grade vorhanden, und die Lähmung stellt sich gleichsam über Nacht ein. Nachdem die Krankheit bald kürzer, bald länger, heftiger oder milder, mit oder ohne Convulsionen verlaufen ist, tritt ein Nachlass der Symptome ein; das Kind, das manchmal in höchster Lebensgefahr schwebte, liegt ruhig, blass und abgemattet da, schlägt die Augen auf und sieht um sich, als wenn es von einem tiefen Schlafe erwacht wäre. Schon geben sich die Eltern der frohen Hoffnung der Wiedergenesung ihres Kindes hin, als sie mit Schrecken die Entdeckung machen, dass eine oder beide

unteren Extremitäten gelähmt sind. Zuweilen erfährt auch der ganze Oberkörper eine paralytische Schwäche, so dass das Kind nicht einmal mehr aufrecht zu sitzen vermag, was aber meist nur vorübergehend ist. Diese Paralyse ist indessen keine vollständige, denn die kleinen Patienten sind noch im Stande, die afficirten Beine, vorzugsweise die Oberschenkel, im Liegen etwas an sich zu ziehen und wieder — jedoch etwas erschwerter — zu strecken und zeigt sich die Empfindung wohl etwas vermindert, aber nicht bleibend verloren. Im Allgemeinen ist es constante Thatsache, dass diejenigen Muskeln, welche vom Becken zu den Oberschenkeln gehen, noch die meiste Bewegungsfähigkeit retteten; während diese dagegen in demselben Verhältniss vermindert ist, als die Muskeln nach unten an den Extremitäten liegen und die Füsse keiner oder nur ganz geringer spontaner Bewegung fähig sind. Die normale Temperatur der afficirten Gliedmassen sinkt bald nach dem primären Anfall immer tiefer; die Beine, besonders die Unterschenkel, werden kalt und bläulich, und der aufgesetzte Réaumurthermometer sinkt zuweilen bis zu 14° herunter. Während mit der Zunahme an Jahren die paralytischen Extremitäten ihr Wachsthum in die Länge ziemlich regelmässig fortsetzen, nimmt dagegen die Atrophie derselben immer mehr zu, und bilden sich allmälig, je nachdem die Kinder mehr oder weniger auf Händen und Füssen herumrutschen und die Beine in gebogene Richtung bringen, in diesen Fällen eigenthümliche, oft wahrhaft grässliche Deformationen, so dass man nicht selten alle bekannten Arten von Verkrümmungsformen der Gliedmassen, wie Varus, Valgus, Pes equinus, Pes calcaneus, Contracturen im Knie- und Hüftgelenk bei einem und demselben Patienten antrifft, wie dies auch auf den, obiger Schrift beigegebenen Zeichnungen ersichtlich ist.

Von diesen — von mir spinale genannten — Lähmungszuständen unterscheiden sich die gleichfalls im Kindesalter vorkommenden, auf Gehirnaffectionen beruhenden Paralysen leicht, wenn man bei der Diagnose die nöthige Rücksicht auf Art und Weise der Entstehung, des Verlaufs und Ausgangs derselben, sowie auf Beschaffenheit der paralytischen Gliedmassen nimmt. Bei jenen sind die unteren

Extremitäten ohne gleichzeitige, dauernde Paralyse der oberen, bei diesen cerebralen Lähmungen in der Regel Arm und Fuss einer Seite zugleich gelähmt und contrahirt. Dort findet man ungetrübte Geistes- und Sinnesfunctionen, hier im Gegentheil mehr oder weniger simpelhaftes Aussehen, unvollständiges Sprachvermögen, unfreiwilligen Speichelausfluss, verminderte Hör- und Sehkraft der afficirten Seite, Flimmern vor dem Auge, Schielen, andauernde Kopfschmerzen. Dort bedeutende Atrophie und Kälte der paralysirten Glieder, hier keines von beiden oder nur geringere Grade. Dort endlich grosse Relaxation der Beine, hier dagegen grosse Steifheit und spastische Beschaffenheit der Muskeln und Sehnen. Eine Verwechslung mit der Kyphosis paralytica und etwa sonstigen Lähmungsformen ist ohnedies nicht möglich.

Cannstatt, den 6. April 1857.

Dr. v. **Heine**, Hofrath.

Berichtigung.

S. 231, Zeile 14 von unten, heisst es: die halbe Grösse, lies: ein Viertel der Grösse.